



**Politecnico
di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in **ARCHITETTURA PER IL PROGETTO SOSTENIBILE**

Classe Laurea Magistrale in **ARCHITETTURA E INGEGNERIA EDILE – ARCHITETTURA (LM-4)**

A.A. 2021/2022

Sessione di Laurea dicembre 2022

Tesi di Laurea Magistrale

**Progettazione di un nuovo centro sportivo polivalente
a basso consumo energetico a Torino**

Azienda:

CH4 Sporting Club S.r.l. a socio unico

Relatori:

MUTANI GUGLIELMINA (Dipartimento Energia - DENERG)

INGARAMO ROBERTA (Dipartimento Architettura e Design - DAD)

VOGHERA ANGIOLETTA (Dipartimento di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio - DIST)

Candidato:

SCIACCA FRANCESCO ROBERTO

Laurea: Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile (LM-4)

Titolo: Progettazione di un nuovo centro sportivo polivalente a basso consumo energetico a Torino

Autore: SCIACCA FRANCESCO ROBERTO

Università:



Relatori: MUTANI GUGLIELMINA
(Dipartimento Energia - DENERG)

INGARAMO ROBERTA
(Dipartimento Architettura e Design - DAD)

VOGHERA ANGIOLETTA
(Dipartimento di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio - DIST)

Azienda:



Collaborazioni:



Responsabili: MORO GIORGIO (Amministratore Delegato società "CH4 S.r.l.")

Periodo di lavoro: dal 13/04/2022 al 05/12/2022

Abstract

Since the beginning the aim of the work was to follow the guidelines defined by the objectives of sustainable development to give adequate and compatible answers and solutions to society, economy and modern contexts. These objectives were kept in consideration for the whole planning phase.

It started from the analysis of a real case, the sports center owned by "CH4 Sporting Club", located in Turin, of which the typical energetic consumption linked to the management of this type of activity was examined, keeping in mind the structures present and their use. These particularly energy-consuming technologies, typical of traditional sports centers, are not acceptable in the view of sustainable development.

The critiques that emerged helped face the next phase of the project adopting building types with higher performances from the point of view of containment of thermal dispersion.

Afterwards, different types of heating implants were adopted, which are more efficient than the traditional ones, and renewable energy implants were introduced.

The consumption present at this point help reach the limit that defines the "nearly zero emission building" (nZEB).

Finally, the attention is directed towards the last possible scenario, born from the necessity of sharing the energy produced in excess, in which the sports center produces clean energy, creating the base for the construction of an energetic community in the neighborhood that gives energy to the families of nearby neighborhoods.

Abstract

Fin dall'inizio lo scopo del lavoro è stato quello di seguire le linee guida definite dagli obiettivi di sviluppo sostenibile al fine di dare risposte e soluzioni, adeguate e compatibili, con la società, l'economia e l'ambiente odierni. Tali obiettivi sono stati tenuti in considerazione per tutta la fase progettuale.

Si è partiti dall'analisi di un caso reale, il centro sportivo di proprietà della società "CH4 Sporting Club", situato a Torino, del quale sono stati indagati i tipici consumi energetici legati alla gestione di questa tipologia di attività, tenendo conto delle strutture sportive presenti e del loro utilizzo. Queste tecnologie di impianto particolarmente energivore, proprie dei centri sportivi tradizionali, non sono attualmente accettabili in ottica di sviluppo sostenibile.

Le critiche emerse hanno permesso di affrontare la successiva fase di progettazione del nuovo centro sportivo polivalente adottando tipologie edilizie maggiormente performanti dal punto di vista del contenimento delle dispersioni termiche.

Si è successivamente passati all'adozione di tipologie diverse di impianti di riscaldamento e preparazione acqua calda, molto più efficienti rispetto a quelle tradizionali, e introducendo impianti di produzione da fonti energetiche rinnovabili.

I consumi presenti a questo punto in forma già estremamente limitata e ridotta, permettono di raggiungere la soglia che definisce gli "edifici a energia quasi zero", ossia "*nearly zero emission building*" (nZEB).

Viene infine richiamata l'attenzione su un ultimo possibile scenario, nato dalla necessità di condividere l'energia prodotta in eccesso, nel quale viene data al nuovo centro sportivo la funzione di centro di produzione di energia pulita, che ponga le basi per la costruzione di una comunità energetica di quartiere che ceda energia alle famiglie degli isolati circostanti.

Premessa

Circa un anno fa, quindi all'inizio del mio ultimo anno di magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile (a.a.2021/2022), ho cominciato a rendermi conto che forse era giunto il momento di iniziare a pensare ad un argomento che potesse interessarmi e su cui mi sarebbe piaciuto approfondire, in maniera dettagliata ed esaustiva, tutti gli aspetti ad esso connessi. Da subito ho capito che non avrei dovuto cercare e trovare un argomento che potesse piacermi, bensì definire io stesso i limiti e gli argomenti entro i quali sviluppare l'elaborato finale, perché sarebbe stato il mio elaborato e di nessun altro.

Mi sono soffermato a riflettere sul mio percorso universitario e sull'ultimo anno da studente universitario che mi apprestavo ad affrontare. Ho analizzato dettagliatamente tutti gli insegnamenti seguiti in triennale, evidenziando quelli che, a parer mio, sentivo più vicini e che avevano scaturito in me un interesse maggiore rispetto ad altri.

Strappando una pagina bianca dal fondo di un vecchio quaderno di un corso già sostenuto, ricordo di aver cominciato a scrivere delle parole chiave; quelle stesse che mi hanno accompagnato sino ad oggi nella stesura del mio elaborato finale. Tutto ruotava attorno ad alcuni concetti, nel mio immaginario, apparentemente slegati tra loro: Consumo, Risorse Naturali, Autosufficienza.

Quello stesso giorno, una volta terminato di scrivere parole chiave e argomenti connessi, riposi quel foglio nel cassetto della mia scrivania perché in fondo davanti avevo ancora un altro anno di corsi ed altrettanti esami. Eppure, fu proprio quell'anno a cambiare completamente il mio modo di avvicinarmi al progetto architettonico.

Ho seguito diversi insegnamenti e svolto vari progetti che mi hanno portato a questo cambiamento radicale; diacronicamente: un'esercitazione storica sull'approvvigionamento idrico della mia città natale, Augusta, e come questo ha cambiato la struttura stessa della città (che ha fatto crescere in me la consapevolezza dell'importanza dello sfruttamento responsabile della risorsa idrica); il corso a scelta "Progettare e Sviluppare l'economia Circolare" in cui i miei colleghi ed io ci siamo trovati a progettare nuovi spazi e attività per un'azienda agricola affermata nel territorio astigiano, partendo unicamente da materiali, utensili e prodotti presenti all'interno della

stessa (facendomi capire l'importanza del recupero e del riutilizzo, dando nuova vita ad oggetti che allo stato attuale non potevano essere riutilizzati).

Con il corso dal titolo “Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l'architettura” ho avuto modo di scoprire il vero significato di “materiali sostenibili”, comprendendo che tale sostenibilità non è unicamente legata alle caratteristiche e alla tipologia del materiale o a come lo stesso si presenta fatto e finito, pronto per la commercializzazione, bensì derivante dall'analisi di tutte le fasi della filiera, quindi partendo dal loro processo produttivo e arrivando al fine vita degli stessi; che per intenderci non dovrebbe mai esistere, andando a costituire sempre nuova materia prima seconda.

Ho poi compreso l'importanza della valutazione economica di un progetto e del confronto tra le varie opzioni (argomento fino a quel momento mai affrontato prima).

Infine, ultimo ma non per importanza, il corso che più di tutti mi ha fatto maturare consapevolezza è stato quello da “Certificatore energetico degli edifici”, ai cui temi mi ero già approcciato ancor prima di seguire il corso.

Affascinato dal corso poiché mi sono trovato ad approfondire quei concetti che scrivevo su quel foglio ormai da diversi mesi, e data la mia personale vicinanza a quei temi cardine, ho deciso di intraprendere questo percorso di Tesi dal titolo “Progettazione di un nuovo centro sportivo a basso consumo energetico a Torino”, dal momento che gli edifici (per funzionare e garantire un dato comfort) devono necessariamente produrre dei consumi.

Ecco che, infastidito e contrariato dalla società consumistica attuale, e soprattutto dopo aver acquisito ancor più consapevolezza in seguito al conseguimento del titolo da certificatore energetico degli edifici, mi sono posto il problema di dare in tal senso un contributo tangibile.

Indice

Abstract

Sintesi

Premessa

1. Introduzione

| | |
|--|----|
| 1.1 L'Agenda 2030 e lo sviluppo sostenibile..... | 10 |
| 1.2 Scopi e obiettivi..... | 14 |
| 1.3 Metodologia di lavoro..... | 15 |

2. Indagine energetica centro sportivo esistente

| | |
|---|----|
| 2.1 Analisi centro sportivo e strutture connesse..... | 18 |
| 2.2 Tasso utilizzazione delle diverse strutture sportive..... | 19 |
| 2.3 Impianti installati per riscaldamento e ACS..... | 20 |
| 2.4 Impianti di produzione da FER presenti..... | 22 |
| 2.5 Analisi consumi utenze per gli anni 2018-2019..... | 23 |

3. Progetto architettonico del nuovo centro sportivo

| | |
|--|----|
| 3.1 Convenzione proposta..... | 30 |
| 3.2 P.R.G., calcoli urbanistici e legge Tognoli..... | 34 |
| 3.3 Norme Coni per impianti sportivi..... | 36 |
| 3.4 Organizzazione spaziale e funzionale del nuovo centro sportivo..... | 40 |
| 3.5 Progetto architettonico..... | 41 |
| 3.6 Fasi realizzative del nuovo centro sportivo..... | 44 |
| 3.7 Affluenza contemporanea degli utenti nelle diverse fasi di realizzazione.... | 48 |

4. Progetto energetico del nuovo centro sportivo polivalente

| | |
|--------------------------------------|----|
| 4.1 Descrizione dell'intervento..... | 50 |
|--------------------------------------|----|

| | |
|---|----|
| 4.2 Localizzazione e dati climatici..... | 51 |
| 4.3 Definizione Zone termiche | |
| 4.4 Caratterizzazione involucro opaco | |
| 4.5 Caratterizzazione involucro trasparente | |
| 4.6 Soluzioni impiantistiche | |
| 4.7 Fabbisogno energia termica utile e consumi Scenario 1 (BASE) | |
| 4.8 Impianti di produzione da fonte energetica rinnovabile solare | |
| 4.9 Scenari di intervento | |
| 4.9.1 Scenario 2 | |
| 4.9.2 Scenario 3 | |
| 4.9.3 Scenario 4 | |

5. Sostenibilità economica, ambientale e sociale soluzioni adottate

- 5.1 Comunità energetiche rinnovabili e quadro normativo
- 5.2 Scenario 5
- 5.3 Valutazione economica e tempi di ritorno semplice dell'investimento
- 5.4 Sostenibilità ambientale

6. Conclusione

Riferimenti bibliografici e sitografici



“Lo sviluppo sostenibile è quello sviluppo che è in grado di soddisfare i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri” [1]

1. Introduzione

1.1 L'Agenda 2030 e gli obiettivi di sviluppo sostenibile

L'importanza e l'attenzione alle cause che determinano le attuali emergenze climatiche, è oggi aumentata in modo considerevole. Le emergenze e le criticità raggiunte impongono la necessità di studiare in maniera approfondita le problematiche e le possibili vie di intervento realisticamente applicabili.

I media e i movimenti giovanili, negli ultimi anni, stanno dando un forte segnale che sta facendo crescere nelle popolazioni la consapevolezza del problema e la necessità di un intervento immediato, forte ed efficace per attuare quel cambiamento tanto necessario quanto fondamentale per una inversione di tendenza nell'operare collettivo che possa realmente cominciare a cambiare il concetto di consumo e di risorsa.

La stessa direzione è stata intrapresa dall'ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite), nell'Assemblea Generale svoltasi il 25 settembre 2015, con l'obiettivo primario di affrontare le sfide globali. In tale occasione è stata adottata l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, in cui vengono definiti 17 obiettivi (*Sustainable Development Goals SDGs*) e 169 sotto-obiettivi che riguardano tutte le dimensioni della vita umana e del pianeta [2].



Fig. 1 - Immagine rappresentativa degli obiettivi e dei sotto-obiettivi di sviluppo sostenibile
Fonte: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

Il punto di forza degli obiettivi è la loro universalità. Essi colgono, infatti, problemi comuni a tutti i paesi e ne mettono in evidenza l'interdipendenza poiché, in un mondo globalizzato, le azioni di un paese si ripercuotono sugli altri.

Questi obiettivi posti per essere raggiunti entro il 2030, forniscono le direttive e costituiscono la base di partenza per lo sviluppo sostenibile, affrontando diverse tematiche interconnesse fra loro.

Si evidenzia non solo un chiaro giudizio sull'insostenibilità dell'attuale modello di sviluppo, ma si supera l'idea che la sostenibilità sia unicamente una questione ambientale, a favore di una visione integrata delle diverse dimensioni dello sviluppo, ossia economica, sociale e ambientale.

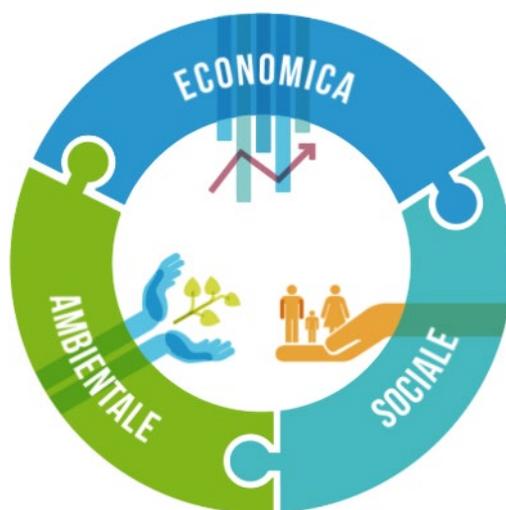


Fig. 2 – Rappresentazione grafica delle tre dimensioni della sostenibilità
Fonte: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

Al fine di rispondere alle esigenze del presente con uno sguardo attento ai bisogni del futuro, ponendo estrema attenzione alla salute ambientale ma senza arrestare lo sviluppo delle comunità, si origina l'esigenza di creare una simbiosi perfetta tra lo sviluppo delle industrie e delle città e l'impatto delle stesse sulla vita delle persone e del pianeta.

A tal proposito è doveroso focalizzare l'attenzione sugli obiettivi di sviluppo sostenibile strettamente connessi con i processi progettuali e gli aspetti tecnici che sono stati attenzionati per soddisfare necessità ed esigenze proprie della società del XXI secolo.

Ad oggi, per più di 1,6 miliardi di persone al mondo, l'elettricità è un bene non assicurato, per questo bisognerebbe garantirlo ad un prezzo accessibile e sostenibile a tutti; concetto chiave ripreso dall'obiettivo 7 dell'Agenda 2030 [3], che raccomanda di

aumentare la quota di energia da fonti rinnovabili e accrescere la cooperazione internazionale al fine di facilitare l'accesso alla ricerca e alle tecnologie legate all'energia pulita.

Oltre la metà della popolazione mondiale vive in città che sono il motore delle economie. Più dell'80% delle attività economiche globali è concentrato nei centri urbani. Le città occupano solamente circa il 3% della superficie terrestre, ma consumano tre quarti delle risorse globali e sono responsabili del 75% delle emissioni di gas serra [4]. Pertanto, consumando più risorse di quelle che gli ecosistemi sono in grado di fornire, affinché lo sviluppo sociale ed economico possa avvenire in un quadro di sostenibilità, la nostra società dovrà modificare, in modo radicale, il proprio modo di produrre e consumare beni. Non a caso si parla di “*Earth Overshoot Day*” (EOD), in italiano “Giorno del Superamento Terrestre, del sovrasfruttamento della Terra o dello sfioramento” [5], che indica il giorno nel quale l'umanità consuma interamente le risorse prodotte dal pianeta nell'intero anno.



Fig. 3 – Immagine che vuole rappresentare come l'umanità attualmente sfrutta la Terra
Fonte: <https://www.obiettivo2030.it/earth-overshoot-day>

L'obiettivo 11 mira proprio a ridurre l'inquinamento prodotto dalle città per quanto riguarda la qualità dell'aria e la gestione dei rifiuti. Nel prossimo futuro lo sviluppo urbano dovrà essere più inclusivo e sostenibile, garantendo l'accesso di tutti a superfici verdi e spazi pubblici.

L'obiettivo 12, in perfetta compatibilità con l'obiettivo 11, promuove l'attuazione di un modello di consumo e di produzione sostenibile adottando un approccio rispettoso dell'ambiente, una gestione sostenibile e un utilizzo efficiente delle risorse naturali; raggiungendo la gestione eco-compatibile di sostanze chimiche; riducendo sensibilmente il loro rilascio in aria, acqua e suolo per minimizzare il loro impatto negativo sulla salute umana e sull'ambiente; limitando in modo sostanziale la produzione di rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riutilizzo e il riciclo, e incoraggiando le imprese ad adottare pratiche sostenibili.

Il cambiamento climatico rappresenta una sfida centrale per lo sviluppo sostenibile. È quindi necessario un esame che spieghi i fenomeni di base che hanno condotto all'accrescimento della fragilità ambientale. Il cambiamento dei cicli delle precipitazioni e delle temperature interessa infatti tutti gli ecosistemi, come ad esempio i boschi; le superfici agricole; le regioni montane e gli oceani, nonché le piante; gli animali e le persone che vi vivono; tanto che, a livello mondiale, le emissioni di anidride carbonica (CO₂) sono aumentate oltre il 40% tra il 1990 e il 2020 [6].

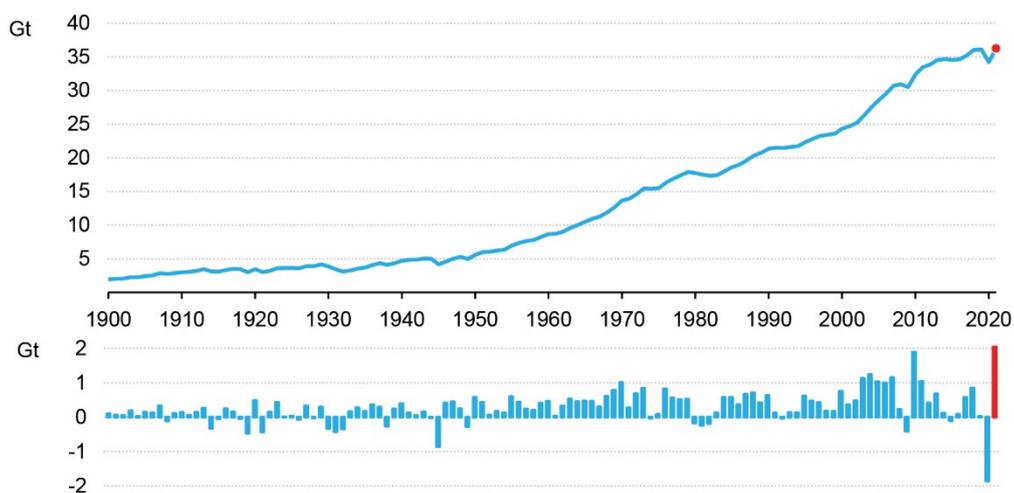


Fig. 4 - Ultimo rapporto Agenzia Internazionale dell'energia (IEA) raffigurante le emissioni totali di CO₂ da combustione e processi industriali, variazione annuale 1900-2020
 Fonte: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>

Ecco che l'obiettivo 13 invita gli Stati a adottare misure urgenti per combattere i cambiamenti climatici e le loro conseguenze, integrando misure di protezione dell'ambiente nelle proprie politiche nazionali che si sostengano reciprocamente di fronte a suddette sfide.

Va per questo ricordato, difatti, che nel 2015 studenti di tutto il mondo hanno manifestato in occasione del primo giorno della Conferenza sul clima della Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, nota anche come Accordi di Rio. Le proteste erano sottese a due richieste: 100% di energia pulita e utilizzo di fonti rinnovabili; e sono state organizzate ciclicamente, passando alla storia come *“Fridays For Future”* (venerdì per il futuro), un movimento internazionale di protesta per la Giustizia Climatica.

1.2 Scopi e obiettivi

Il lavoro svolto per lo sviluppo del progetto di un nuovo centro sportivo per conto dell'azienda “CH4 Sporting Club” ha come obiettivo quello di fornire, alla medesima, un quadro completo sulle tecnologie attualmente presenti sul mercato in materia di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, in contrapposizione all'utilizzo di tecnologie di impianto particolarmente energivore, proprie dei centri sportivi tradizionali e attualmente non accettabili in ottica di sviluppo sostenibile.

Per questo, di grande rilievo sarà la trattazione di argomenti riguardanti le necessarie sfide ecologiche da affrontare per la riduzione delle emissioni di CO₂ e di gas climalteranti, mettendo al centro della questione il ruolo fondamentale della gestione forestale e del verde, e la necessità della cura del suolo, limitandone per quanto possibile il consumo.

In quest'ottica, il coinvolgimento delle imprese giocherà un ruolo primario nei progetti per l'Ambiente, per porre al centro dell'impegno comune lo sviluppo sostenibile, non più la sola crescita in termini meramente economici, attuando un conseguente cambio radicale degli attuali modelli di produzione e di consumo.

Lo scopo è quindi quello di seguire le linee guida definite dagli obiettivi di sviluppo sostenibile al fine di dare risposte e soluzioni, adeguate e compatibili, con la società, l'economia e l'ambiente.

Alcuni di questi obiettivi sono stati tenuti in considerazione per tutta la fase progettuale, dall'organizzazione planimetrica all'attenta scelta di materiali e tecniche costruttive.



Fig. 5 – Elaborazione grafica personale in cui si mettono in evidenza i quattro obiettivi presi in esame
Fonte: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

1.3 Metodologia di lavoro

Questo elaborato è stato scritto partendo dall'analisi di un caso reale, nello specifico è stato analizzato il centro sportivo di proprietà della società "CH4 Sporting Club", situato a Torino, ove sono stati indagati quelli che sono i tipici consumi energetici (utenza elettrica, gas e acqua calda sanitaria), legati alla gestione di un'attività di questo tipo, tenendo conto delle strutture sportive presenti (quali campi da gioco, spogliatoi, palestra, edificio accoglienza con uffici e ristorante).

Quest'analisi dei consumi è stata svolta in relazione agli anni 2018 e 2019, tenendo conto di un'affluenza e di un tasso di utilizzazione delle strutture proprie del centro sportivo in esame; quindi, non alterate dalle dinamiche pandemiche degli anni successivi. Da questa attenta analisi ne consegue una critica alla tipologia di chiusura tradizionalmente utilizzata per coprire i campi da gioco e alle tipologie e modalità di riscaldamento degli stessi.

Le critiche sollevate hanno permesso di affrontare la successiva fase di progettazione del nuovo centro sportivo con una visione più completa e integrata, adottando tipologie edilizie maggiormente performanti dal punto di vista del contenimento delle dispersioni termiche, e utilizzando forme più compatte e pannelli di chiusura ad elevato isolamento termico.

Successivamente al miglioramento delle prestazioni in materia di contenimento dell'energia termica presente all'interno delle strutture edilizie, si è passati all'adozione di tipologie diverse di impianti di riscaldamento e preparazione acqua calda molto più efficienti rispetto a quelle tradizionali, che utilizzano come vettore unico energia elettrica, azzerando di fatto l'utilizzo di combustibili fossili e di conseguenza le possibili emissioni. A questo si aggiunge un caratteristico sistema di copertura volto a minimizzare l'utilizzo di impianti di illuminazione artificiale nelle ore diurne, favorendo l'ingresso di illuminazione naturale sotto forma di radiazione luminosa diffusa per evitare fenomeni di abbagliamento all'interno.

Si è poi passati all'introduzione nel centro sportivo di impianti di produzione da fonti energetiche rinnovabili, per far sì che questi consumi (presenti in forma già estremamente limitata e ridotta) potessero essere completamente coperti da fotovoltaico e solare termico, andando a prefigurare i presupposti necessari per il raggiungimento della denominazione di edifici a energia quasi zero, ossia "*nearly zero emission building*" (nZEB) [7].

È inoltre stato sviluppato un possibile scenario in cui il nuovo centro sportivo diventa anche centro di produzione di energia pulita, utilizzando la totalità delle coperture degli edifici per il posizionamento dei pannelli solari (termico e fotovoltaico), con l'obiettivo non solo di coprire il fabbisogno energetico del centro sportivo ma anche di prefigurare quella che può definirsi una comunità energetica di quartiere che ceda energia alle famiglie degli isolati circostanti.



2. Indagine energetica centro sportivo esistente

2.1 Analisi centro sportivo e strutture connesse

Il centro sportivo di proprietà dell'azienda "CH4 Sporting Club", sito a Torino in via Trofarello n°10, risulta composto da sei edifici in muratura, di cui uno si sviluppa su due piani fuori terra mentre i restanti cinque su un solo piano, più dieci campi da gioco.

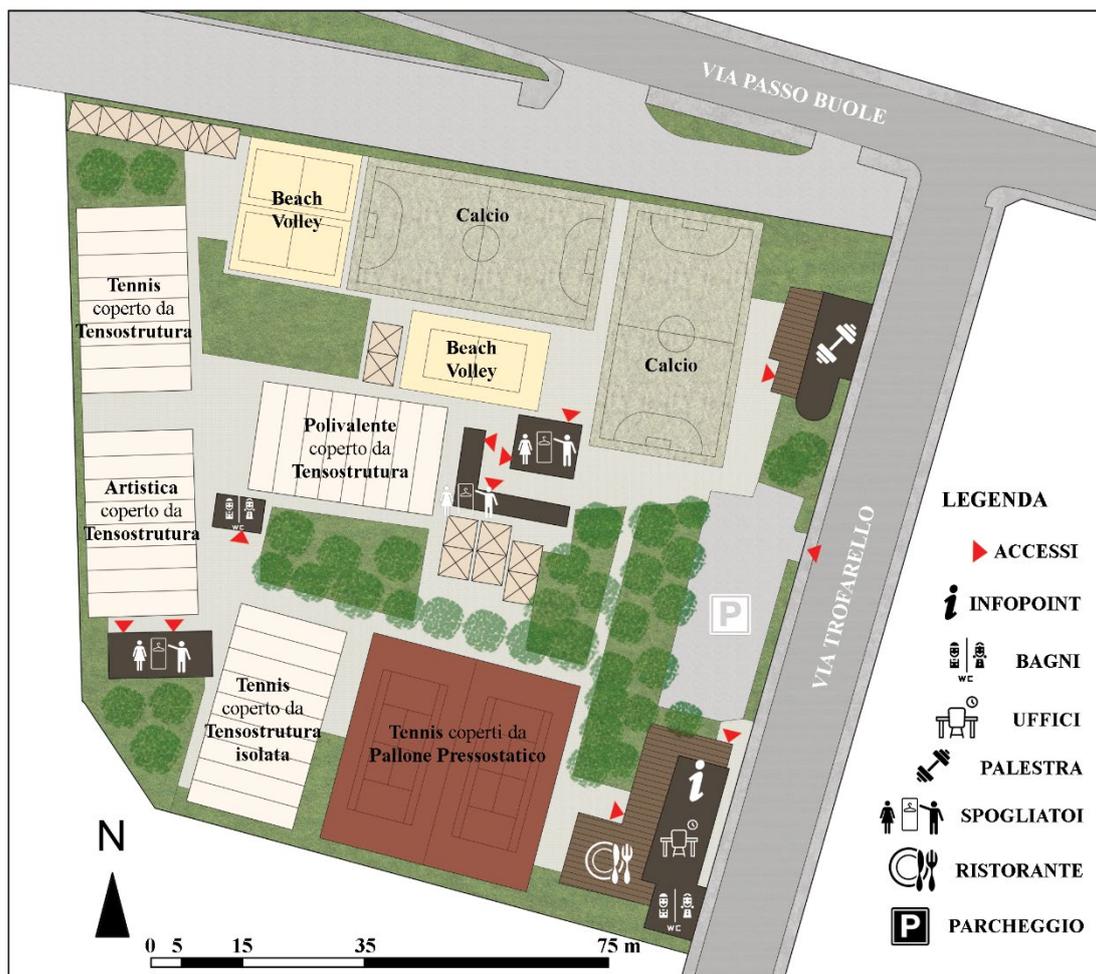


Fig. 6 - Rielaborazione grafica personale dell'impianto planimetrico del centro sportivo preso in esame di proprietà dell'azienda "CH4 Sporting Club"

L'edificio principale, che si sviluppa su due piani fuori terra, ospita al piano terreno un'area accoglienza/reception, due uffici singoli e i bagni, e al piano superiore una sala conferenze, ulteriori uffici e bagni. È inoltre presente un piano interrato di modeste dimensioni contenente un piccolo spogliatoio per il personale e una sala adibita a vano tecnico. Al corpo principale dell'edificio è addossata una struttura in legno che

identifica il ristorante, con la zona cucina e numerosi posti a sedere, presenti anche all'esterno.

Il secondo edificio ospita una palestra; tre dei quattro corpi di fabbrica restanti (di dimensione ridotta, distanti tra loro e inseriti tra i campi da gioco) sono adibiti a spogliatoi, di cui due disposti ad est del campo polivalente coperto sono adibiti rispettivamente a spogliatoio calcio grande (forma ad L) e spogliatoio calcio piccolo (forma regolare) mentre l'ultimo è adibito a spogliatoio tennis; invece, l'ultimo edificio ospita i bagni.

I campi da gioco sono così suddivisi:

- quattro sono scoperti (due da beach volley e due da calcio);
- due scoperti (da tennis) vengono coperti nel periodo invernale per mezzo di un unico pallone pressostatico;
- quattro hanno una copertura fissa tramite tensostruttura (campo polivalente, campo di artistica e due campi da tennis – di cui uno isolato –).

Solo una di queste tensostrutture, contenente un campo da tennis, presenta un involucro isolato più performante rispetto al semplice telo delle altre.

Il centro sportivo inoltre presenta diverse aree gazebo, un'area giochi per i più piccoli e un parcheggio auto; tutti spazi delimitati da aree verdi con alberature e percorsi pedonali.

2.2 Tasso utilizzazione delle diverse strutture sportive

Il centro sportivo è aperto 360 giorni l'anno, dal lunedì alla domenica con orario continuato che va dalle ore 8:00 del mattino fino alle ore 23:30 della sera.

L'utilizzo delle strutture sportive è molto differenziato in base alle discipline praticate e all'utenza presa in esame. In particolare, viene considerato un uso orario giornaliero, che viene differenziato in base alla tipologia di disciplina e alla presenza o meno di bambini.

Nello specifico i campi da calcio sono occupati per sei ore giornaliere che diventano tre senza la presenza dei bambini; i campi da tennis sono occupati per sette ore al giorno

che diventano cinque senza la presenza dei bambini; il campo polivalente è occupato per quattro ore giornaliere e non è frequentato dai bambini; il campo di artistica è occupato per cinque ore al giorno che diventano due senza la presenza dei bambini, e infine i campi da beach volley, non frequentati dai bambini, vengono utilizzati per tre ore al giorno ma nei soli tre mesi estivi.

Di seguito vengono riportate in una tabella riassuntiva le ore giornaliere di utilizzo delle diverse attività sportive.

| ATTIVITA' SPORTIVA | CALCIO | TENNIS | POLIVALENTE | ARTISTICA | BEACH VOLLEY |
|--|---------------|---------------|--------------------|------------------|---------------------|
| UTILIZZO ORARIO GIORNALIERO | 6 ore | 7 ore | / | 5 ore | / |
| UTILIZZO ORARIO GIORNALIERO SENZA BIMBI | 3 ore | 5 ore | 4 ore | 2 ore | 3 ore |

Si tratta di valori giornalieri medi mensili scaturiti dall'osservazione dell'utilizzo durante gli anni pre-pandemici. Inoltre, al momento del sopralluogo, è stato appurato che il campo da tennis coperto da tensostruttura posizionato nell'angolo nord-ovest del centro sportivo, non veniva più utilizzato poiché servito da impianti troppo energivori per mantenere un livello di comfort ottimale al suo utilizzo.

2.3 Impianti installati per riscaldamento e ACS

Il centro sportivo sito a Torino in via Trofarello risulta provvisto di tipologie di impianto diverse tra loro in base agli edifici e/o strutture sportive servite. Gli impianti in esame offrono il servizio di acqua calda sanitaria e il servizio di riscaldamento. Nella fattispecie gli edifici sono forniti di impianti ad acqua, mentre la zona ristorazione e le strutture sportive attestano impianti ad aria calda.

Dunque, l'edificio principale contiene oltre al ristorante anche uffici e bagni, con un volume lordo riscaldato di 2480 m³, ed è servito da una caldaia a condensazione da 80

kW con un sistema di produzione combinato capace di produrre energia termica per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria. In questo edificio, nelle sale ristorative sono installati terminali di emissione quali ventilconvettori, mentre nei restanti locali sono presenti i termosifoni. Per quanto concerne la zona ristorante e la zona del piano interrato, si attesta la presenza di impianto di ventilazione meccanica controllata.

L'edificio ospitante la palestra ha un volume lordo riscaldato di circa 500 m³, servito da una caldaia da 35 kW di potenza nominale.

Per quanto riguarda i due edifici adibiti a spogliatoio calcio, aventi volume lordo riscaldato di circa 230 m³ e 293 m³, essi contengono n°7 e 10 docce. Sono inoltre rispettivamente serviti una caldaia a condensazione da 34 kW (installata circa tre anni fa) e una caldaia da 75 kW, entrambe dotate di sistema di produzione combinato per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria e di terminali di emissione a termosifoni. Si sottolinea infine la presenza di U.T.A. (Unità Trattamento Aria) per il primo edificio e l'assenza di un impianto di ventilazione meccanica controllata per il secondo.

Per l'edificio dedicato a spogliatoio tennis, contenente n°11 docce e avente volume lordo riscaldato di circa 380 m³, è presente una pompa di calore da 10 kW dotata di sistema di produzione combinato per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria e di terminali di emissione a termosifoni. L'edificio rimanente contenente i bagni e n°4 docce presenta una caldaia a condensazione con sistema combinato di riscaldamento e acqua calda sanitaria, ma non è stato preso in esame ai fini dell'analisi energetica.

Le strutture sportive sono dotate del solo impianto di riscaldamento con generatori ad aria calda. Tutte le tensostrutture hanno dimensione standard con volume lordo riscaldato pari a 2640 m³ ognuna; due di esse (quelle a copertura del campo polivalente e di artistica) presentano medesimo impianto con n°2 generatori ad aria calda alimentati a gas da 70 kW cadauno. Invece, il campo da tennis con tensostruttura isolata, per tale caratteristica avendo dispersioni minori, necessita di un solo generatore da 70 kW.

L'ultima tensostruttura (a copertura di un ulteriore campo da tennis) dispone di una pompa di calore ad acqua da 18 kW con terminali di emissione a pannelli radianti, e impianto di destratificazione dell'aria da 42,5 kW. Tuttavia, questa struttura sportiva non viene utilizzata poiché ritenuta troppo energivora a causa delle eccessive

dispersioni. Due campi da tennis scoperti vengono invece coperti nel periodo invernale per mezzo di un pallone pressostatico, che genera un volume lordo riscaldato totale di 5280 m³ e che comporta l'ausilio di n°3 macchine a gas da 70 kW ognuna.

L'adozione della copertura temporanea nel periodo invernale (pallone pressostatico) risulta ottima per questioni funzionali legate all'esigenza di coprire i campi solo in condizioni climatiche sfavorevoli, di cui però vengono tralasciate le questioni energetiche perché l'adozione di questa tipologia di copertura risulta essere troppo poco efficiente ed estremamente energivora.

2.4 Impianti di produzione da FER presenti

Si passa alla disamina degli impianti di produzione da fonte energetica rinnovabile (FER) installati nelle strutture di coperture degli edifici.

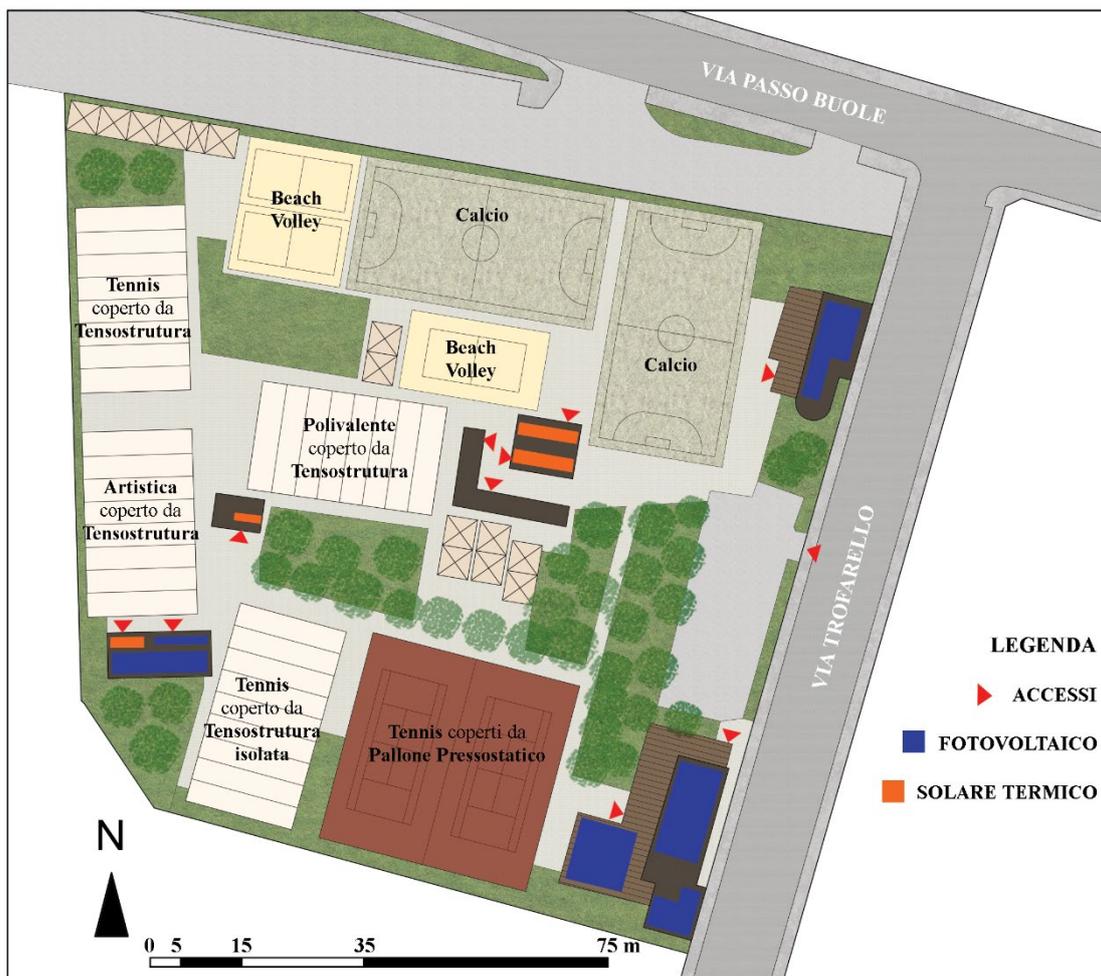


Fig. 7 – Rielaborazione grafica con indicazione degli impianti di produzione da FER installati nel centro sportivo preso in esame di proprietà dell'azienda "CH4 Sporting Club"

Sono presenti impianti solari termici con serbatoi di accumulo annessi. In particolare, parte della copertura dello spogliatoio da tennis è occupata da n°6 pannelli solari termici a collettore piano vetrato a cui è associato un serbatoio di accumulo dell'acqua calda di litri 1000; mentre la copertura dell'edificio bagni ospita n°3 pannelli solari termici a cui è associato un serbatoio di accumulo dell'acqua calda di litri 500. Per quanto riguarda la copertura dello spogliatoio calcio piccolo ospita n°14 pannelli solari termici a cui è associato un serbatoio di accumulo dell'acqua calda di litri 2000.

Inoltre, sono presenti impianti fotovoltaici monocristallini sulle coperture dell'edificio principale, del ristorante, della palestra e dello spogliatoio tennis, per una potenza di picco totale installata di 67 kW e una producibilità di 70-75 MWh/anno.

2.5 Analisi consumi utenze per gli anni 2018-2019

La diagnosi energetica svolta, fotografa i consumi reali degli anni presi in considerazione. L'analisi dei consumi del centro sportivo di via Trofarello di proprietà dell'azienda "CH4 Sporting Club", è stata svolta su utenze elettriche e gas naturale per gli anni 2018 e 2019.

Allo stato del sopralluogo (ultimo effettuato in data 07/06/2022) il centro sportivo si presentava dotato di n°4 contatori per il gas naturale così organizzati:

- 1) uno connesso all'edificio palestra;
- 2) uno connesso allo spogliatoio calcio grande;
- 3) uno connesso allo spogliatoio calcio piccolo;
- 4) uno connesso a tutte le strutture sportive coperte (tensostrutture e pallone pressostatico) e alle strutture edilizie rimanenti (spogliatoio tennis, bagni ed edificio principale);

E di n°2 contatori per l'utenza elettrica così organizzati:

- 1) uno allacciato all'edificio palestra e n°2 campi da calcio;
- 2) uno allacciato a tutte le strutture edilizie rimanenti (edificio principale, tutti gli spogliatoi, bagni), le sportive rimanenti (beach volley, tensostrutture, campi da tennis scoperti) e l'illuminazione esterna;

Ai fini dell'analisi energetica è stato preso in esame il contatore elettrico connesso al maggior numero di strutture edilizie e sportive per osservare nel complesso il comportamento globale del centro sportivo. Lo stesso ragionamento è stato fatto con il contatore del gas.

Da ciò scaturisce la difficoltà di suddividere i consumi misurati degli anni 2018 e 2019 per ogni struttura edilizia e sportiva. Per ovviare a questo problema si è proceduto alla creazione di due modelli energetici, uno relativo all'edificio principale contenente il ristorante e l'altro relativo all'edificio dello spogliatoio da tennis e dei bagni.

A questo punto l'obiettivo è stato quello di detrarre dai consumi misurati (dal gestore dell'azienda, relativamente al contatore preso in esame) i consumi calcolati tramite modello energetico, così da ottenere i consumi delle sole strutture sportive.

È stato necessario quindi suddividere i consumi rimasti tra le strutture sportive a cui è allacciato il contatore esaminato.

Per calcolare i kWh mensili consumati da ogni singola struttura sportiva si adotta un'equazione che mette in relazione una costante Y (definita in base all'efficienza degli impianti di riscaldamento e al grado di isolamento delle tensostrutture e del pallone pressostatico); il volume lordo riscaldato; la differenza di temperatura (Δt) tra la condizione di confort interno (20°C) e la temperatura media mensile e le ore annuali di funzionamento (ottenute dalla moltiplicazione delle ore giornaliere di funzionamento per i giorni di riscaldamento).

Le temperature derivano dalle rilevazioni della stazione meteorologica di Fisica dell'Atmosfera del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Torino, sita in via Pietro Giuria n°1 [8]. Vengono presi i valori esatti, selezionando dallo storico dato, quelli relativi alla temperatura rilevata dalla stazione nel 2018 e nel 2019.

Il volume lordo riscaldato delle strutture sportive viene riportato nella tabella seguente:

| STRUTTURE SPORTIVE | VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) |
|----------------------------------|---|
| Edificio Principale | 2 480 |
| Pallone Pressostatico | 5 280 |
| Campo da Tennis isolato | 2 640 |
| Campo di Artistica o Polivalente | 2 640 |
| Edificio Bagni | 130,82 |

Lo spogliatoio da Tennis non viene preso in esame nei consumi del gas poiché dotato di pompa di calore funzionante con la sola energia elettrica.

Si considerano le ore di funzionamento giornaliere, medie mensili dell'impianto di riscaldamento, necessarie al mantenimento di una temperatura di comfort ottimale all'interno degli spazi.

Sulla base dell'utilizzo di questi ultimi vengono riportati i valori nella tabella successiva.

| STRUTTURE SPORTIVE | ORE DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO (h) |
|----------------------------------|--|
| Edificio Principale | 12 |
| Pallone Pressostatico | 5 |
| Campo da Tennis isolato | 5 |
| Campo di Artistica o Polivalente | 3 |
| Edificio Bagni | 12 |

Va inoltre sottolineato che per le tensostrutture non isolate e per il pallone pressostatico viene acceso l'impianto di riscaldamento circa un'ora prima dell'effettivo momento di occupazione del campo previsto.

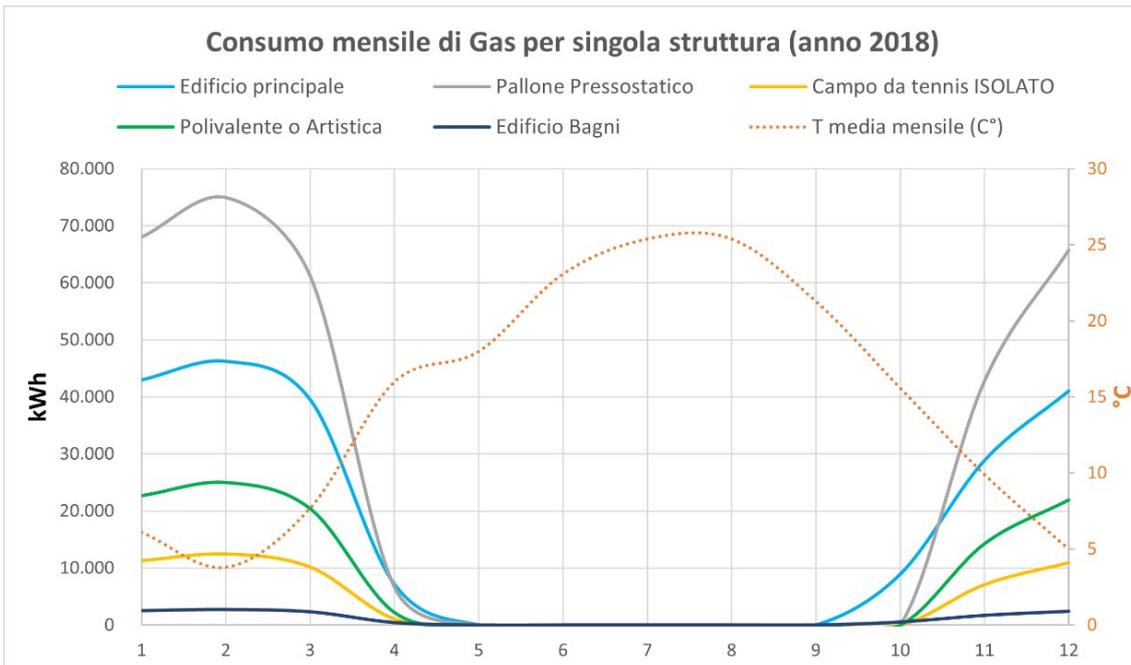


Fig. 8 - Grafico raffigurante l'andamento del consumo mensile di gas naturale per singola struttura per l'anno 2018

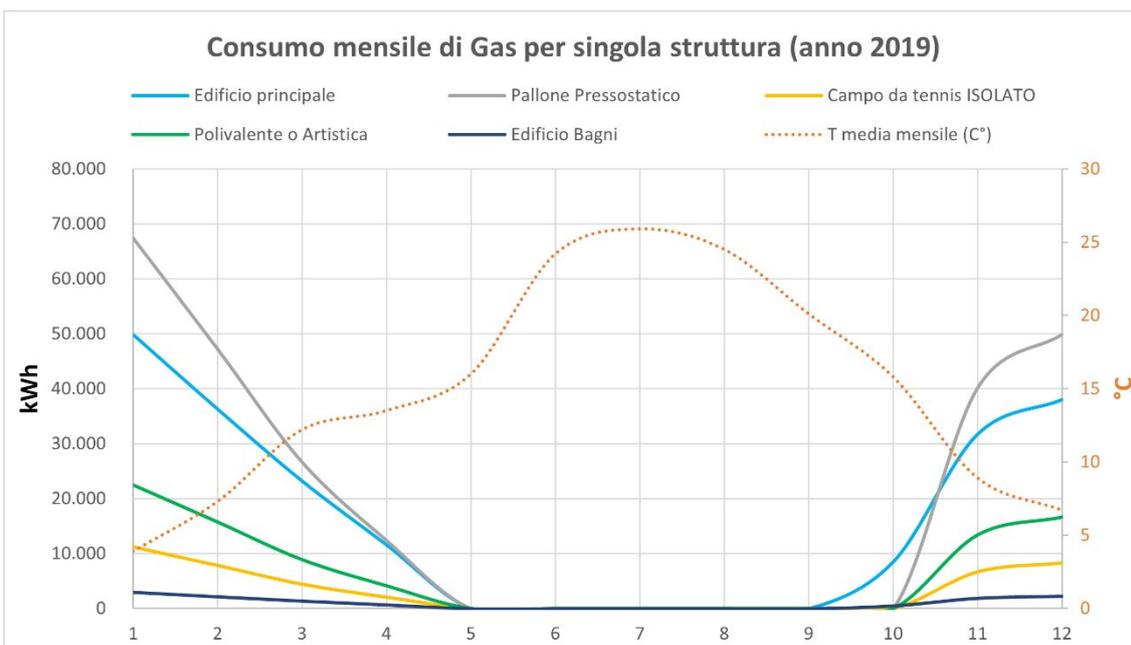


Fig. 9 - Grafico raffigurante l'andamento del consumo mensile di gas naturale per singola struttura per l'anno 2019

Il consumo dell'utenze del gas segue l'andamento opposto a quello delle temperature esterne, registrando consumi maggiori quando si hanno temperature più rigide e viceversa.

Per quanto riguarda l'utenza elettrica rispetto a quella del gas si ha una struttura sportiva aggiuntiva equivalente allo spogliatoio da tennis poiché servito da una pompa di calore funzionante solo tramite energia elettrica.

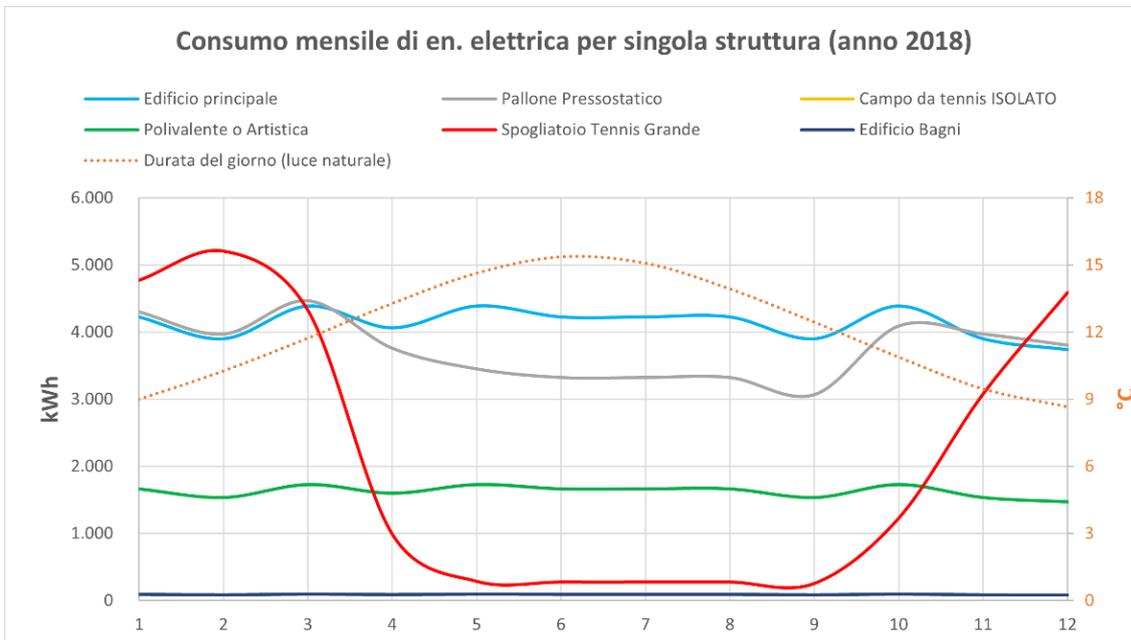


Fig. 10 - Grafico raffigurante l'andamento del consumo mensile di energia elettrica per singola struttura per l'anno 2018

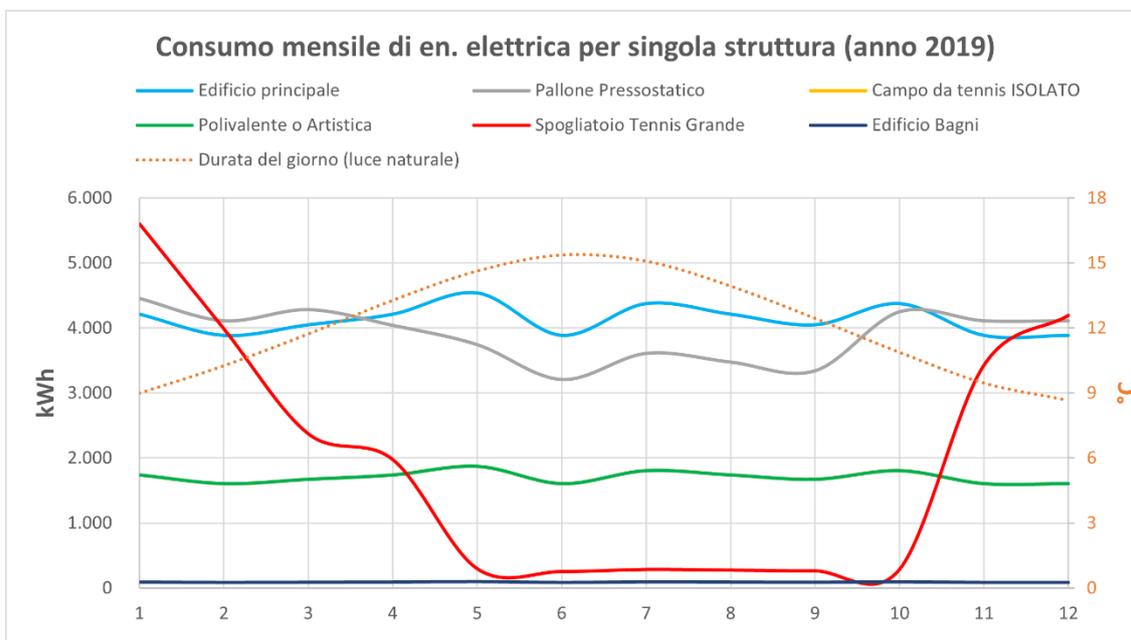
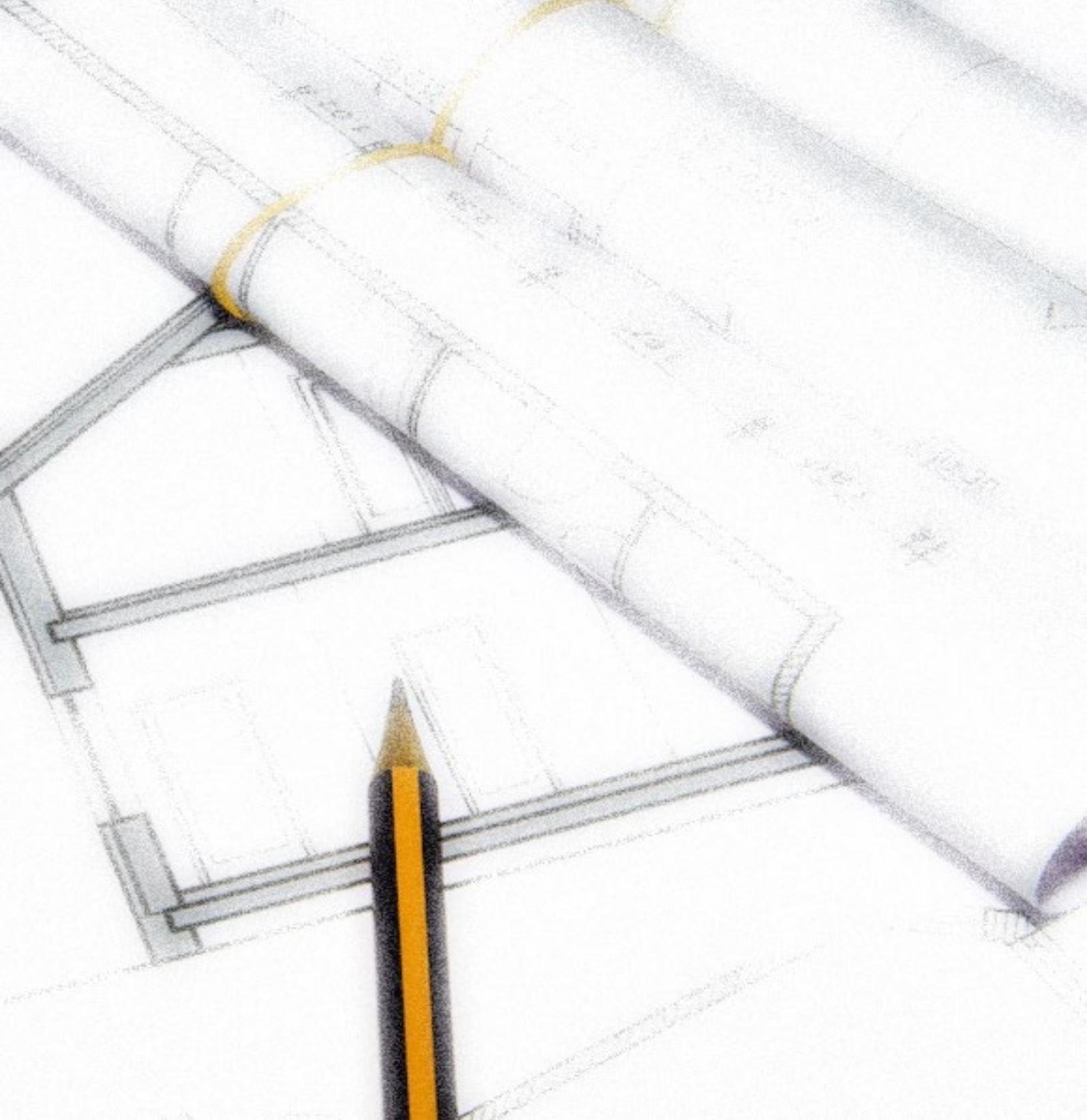


Fig. 11 - Grafico raffigurante l'andamento del consumo mensile di energia elettrica per singola struttura per l'anno 2019

L'andamento del consumo di energia elettrica risulta avere valori più omogenei rispetto a quelli del gas naturale dovuto ad un utilizzo costante durante tutti i mesi dell'anno, ed al fatto che si tratta di consumi legati principalmente all'utilizzo di impianti di illuminazione artificiale. L'unica struttura ad avere un andamento di consumo non in linea con quello degli altri è dunque l'edificio dedicato agli spogliatoi tennis in quanto dotato di un impianto di riscaldamento funzionante unicamente ad energia elettrica.



3. Progetto architettonico del nuovo centro sportivo

3.1 Convenzione proposta

A seguito dell'incontro avvenuto in data 29 ottobre 2015, l'azienda "CH4 Sporting Club S.r.l." ha redatto con il Comune di Torino una Convenzione premettendo che:

- 1) il 26 febbraio 2008 la società CH4 Sporting Club S.r.l. ha acquistato l'area della superficie catastale di m² 15.080;
- 2) la Città di Torino è proprietaria dell'area adiacente;
- 3) le aree oggetto del presente provvedimento e descritte ai precedenti punti 1. e 2., secondo il P.R.G. vigente, ricadono in area normativa per servizi pubblici – lettera v (aree per spazi pubblici a parco per il gioco e lo sport);
- 4) sulle aree per servizi, è ammesso l'intervento diretto del privato per la realizzazione di strutture di uso pubblico solo previa stipulazione di specifica convenzione che ne garantiscano la fruibilità pubblica;
- 5) in data 23 giugno 2010, la società CH4 Sporting Club S.r.l. ha presentato istanza per la realizzazione degli impianti sportivi in Via Casteldelfino n. 64;
- 6) è stato acquisito il parere favorevole della Divisione Sport e Tempo Libero;
- 7) la Circoscrizione n. 5 del marzo 2011 ha espresso parere favorevole al progetto presentato dal Proponente;
- 8) in data 24 ottobre 2011, veniva approvata la Convenzione per la realizzazione del Centro Sportivo;
- 9) In data 03/08/2022 la Cooperativa Sociale Arcobaleno ha acquisito da "CH4 Sporting Club srl" la proprietà dell'area di via Casteldelfino/corso Grosseto ed è quindi subentrata come titolare della Convenzione stipulata con il Comune.

Le parti stipulano una convenzione che ha per **oggetto (art.2)** la realizzazione del complesso sportivo in Via Casteldelfino, 64.

Secondo quanto stabilito in termini di **disciplina dell'area di proprietà della città di Torino (art.3)** il complesso sportivo verrà realizzato in parte sul terreno di proprietà comunale, concessa in uso a titolo oneroso al Proponente e dovrà essere assoggettata all'uso pubblico. La concessione dell'area è assentita per 90 anni a decorrere dalla data di sottoscrizione della presente Convenzione. Qualsiasi costruzione realizzata sull'area si intende acquisita in proprietà del Comune di Torino per accessione, senza che competa al Proponente alcuna indennità o compenso di sorta sotto qualsiasi titolo

Il Proponente si impegna, pertanto, ad accatastare in capo alla Città ogni eventuale

costruzione venga realizzata.

La manutenzione ordinaria e straordinaria di eventuali manufatti realizzati sull'area di cui al presente articolo nonché delle aree verdi è a carico del Proponente per tutta la vigenza della Convenzione. Il canone di concessione dell'area è convenuto in € 550,00 annui oltre IVA, da corrisondersi alla Divisione Patrimonio con aggiornamento annuale del canone secondo le variazioni dell'indice ISTAT nella misura del 75%.

Il concessionario è costituito custode dell'immobile dato in concessione, ed esonera espressamente il Comune di Torino da ogni responsabilità per i danni diretti o indiretti.

Il **progetto edilizio** definito all'**art.4** prevede la realizzazione di una serie di strutture sportive polivalenti e di servizio fino ad un massimo di:

- Strutture sportive polivalenti

- n°1 campi di calcio a 8 in sintetico (misure tot. mt 63 x 43);
- n°4 campi da tennis coperti/scoperti (misure tot. mt 72 x 36);
- n°8 campi da padel coperti/scoperti (misure tot. mt 84 x 24);
- n°2 campi polivalenti coperti/scoperti (misure tot. mt 36 x 36);
- n°4 campi da beach-volley coperto/scoperto (misure tot. mt 24 x 32);
- n°2 strutture polivalenti coperte/scoperte (misure tot. mt 50 x 30);

- Strutture di servizio

- n°1 locale di prima accoglienza, con segreteria e spazi sociali;
- n°1 locale ad uso bar/ristorazione;
- n°2 blocchi tettoie rimessaggio materiali/attrezzi;
- n°2 blocchi spogliatoi di servizio, sviluppabili anche su più piani;
- n°1 edificio ad uso abitazione custode ad un piano f.t. di m² 70,00 circa;
- n°1 area parcheggio riservato alle vetture esterne;
- n°1 area verde attrezzata con strutture giochi, accoglienza e aree spettacolo, aree attrezzate per laboratori esterni con arredi temporanei stagionali;

Tutte le opere realizzate rispetteranno i vincoli urbanistici e le prescrizioni necessarie per l'intera area (accessi disabili, vie di accesso ai mezzi di soccorso, parcheggi) e verranno realizzati i locali tecnici (locali termici, spazi rimessaggio attrezzi, officine)

necessari alla gestione del centro. Sono comunque ammissibili modifiche al citato assetto progettuale previa valutazione dei Settori tecnici competenti della Città.

Come sancito all' **art.5** sui **tempi di realizzazione del centro sportivo**, il suddetto verrà realizzato entro dieci anni dalla sottoscrizione della presente Convenzione. Le opere di miglioria e la realizzazione di eventuali nuove ulteriori strutture dovranno essere preventivamente autorizzate dai competenti Uffici della Città, saranno a totale cura e spese della Società stessa, suoi successori o aventi causa.

L'assoggettamento ad uso pubblico definito nell'**art.6** sarà quello della proprietà privata asservito ad uso e servizi pubblici.

Per quanto riguarda la **durata della convenzione art.9**, allo scadere dei citati termini il centro sportivo e le relative aree verranno acquisite gratuitamente dalla Città. La Società potrà asportare i beni e le strutture mobili, purché non si riferiscano agli impianti a servizio e purché ciò non rechi nocimento alla fruizione del centro stesso.

Al termine della scadenza di validità della presente Convenzione, qualora la Città ritenga di espletare apposita procedura di evidenza pubblica per la gestione del Centro, quest'ultima dovrà preferire il Proponente, a parità delle condizioni contrattuali ed economiche offerte da altri soggetti.

L'**art.11** stabilisce le **finalità sociali** secondo le quali la società assumerà nei confronti della Città e della Circoscrizione i seguenti obblighi:

- PALESTRE: corsi di ginnastica ed attività rivolte alla terza età, per i cittadini, con particolare riferimento ai residenti della Circoscrizione n°5 a prezzi convenzionati e concordati. Utilizzo degli spazi palestra per usi definiti dalla Città dalle 16.00 alle 18.00 per un giorno feriale alla settimana ed a tariffe comunali;
- CAMPI SPORTIVI: utilizzo dalle 9.00 alle 11.00 a titolo gratuito a disposizione delle scuole cittadine su specifica richiesta ed in base alle disponibilità;
- STRUTTURE POLIVALENTI: utilizzo dalle 9.00 alle 11.00 a titolo gratuito a disposizione delle scuole cittadine su specifica richiesta e in base alle disponibilità;
- SPAZI PER ATTIVITA' CULTURALI: disponibilità di spazi destinati a mostre, convegni e riunioni promossi dalla Città da concordarsi preventivamente con la Società in base alle disponibilità.

Su espressa richiesta della Città, la Società dovrà, altresì, garantire l'utilizzo dell'impianto sportivo per iniziative e manifestazioni di particolare interesse per almeno n°7 giornate l'anno, previo accordo in merito a modalità e tempistiche.

Tutti gli spazi sopra descritti sono da considerarsi concessi in maniera gratuita fatte salve le spese vive documentabili sostenute dalla Società. Dovrà, inoltre, agevolare l'accesso agli utenti diversamente abili e riservare loro orari dedicati e tariffe di favore.

In materia di **gestione art.12**, la Società potrà cedere a terzi la gestione totale o parziale del complesso sportivo, previo parere favorevole della Città, da formularsi entro 90 giorni dalla richiesta.

Gli **obblighi di manutenzione (art.13)** riguardano tutte le spese ordinarie e straordinarie a carico della Società. In particolare, saranno a suo carico la manutenzione dell'intero complesso sportivo; dei manufatti; delle attrezzature; delle recinzioni e ogni altra manutenzione connessa con la gestione dello stesso, comprendente altresì lo sgombero neve e la pulizia dei marciapiedi perimetrali dell'impianto; la manutenzione del verde all'interno dell'impianto sportivo e la potatura degli alberi ad alto fusto.

Risultano a totale carico della Società gli oneri relativi alla fornitura ed ai consumi di **utenze** elettrica, gas-metano, telefono, acqua e **tassa Raccolta Rifiuti (art.14)**.

La società provvederà alla **custodia (art.15)** e alla vigilanza del complesso sportivo, degli impianti, delle attrezzature nonché all'apertura e chiusura dello stesso mediante proprio personale.

La società stessa si assume, ogni responsabilità civile e penale derivante da qualsiasi operato che sia causa di danno alla funzionalità degli impianti o alle attrezzature.

Secondo quanto concesso dall'**art.17 (attività commerciali connesse al complesso sportivo)**, il Proponente potrà gestire direttamente il servizio bar /ristorante o affidarlo a terzi e potrà inoltre darne in gestione una parte o la totalità, o l'organizzazione di alcune attività o servizi.

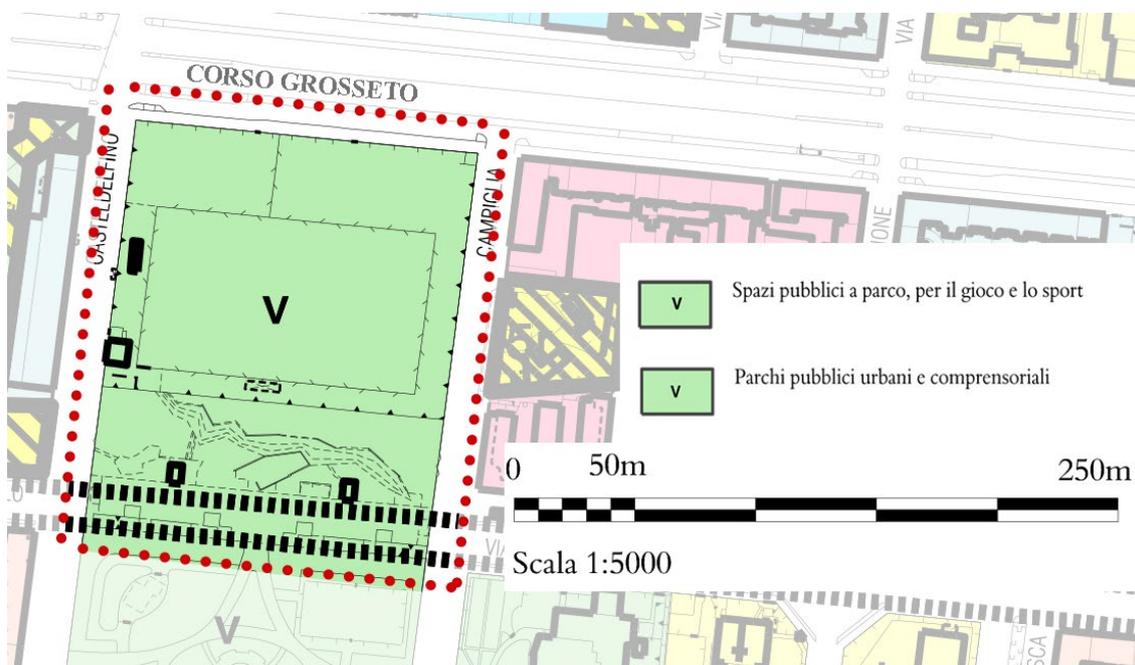
La Città, a suo esclusivo giudizio, potrà revocare in tutto o in parte le relative autorizzazioni per il servizio di bar e di ristorante, nel caso di fallimento del Proponente. Il Proponente, previo rilascio delle autorizzazioni da parte della Città, potrà inoltre rilocalizzare il servizio bar e/o il servizio ristorante in uno o più punti del centro sportivo; promuovere e organizzare, nell'ambito del centro sportivo, eventi,

manifestazioni, mostre e vendite straordinarie di prodotti attinenti le attività sportive praticate nel centro stesso o da indirizzare alla promozione di attività rivolte al benessere e alla sostenibilità ambientale.

3.2 P.R.G., calcoli urbanistici e legge Tognoli

L'area di progetto si colloca nella Circoscrizione V della città di Torino nel quartiere di Madonna di Campagna. Il quartiere si caratterizza per un tessuto urbano misto costituito da tipologie edilizie molto differenti (edifici rurali storici, edifici residenziali a uno o due piani, alte palazzine e bassi fabbricati per la produzione), esito di interventi urbanistici discontinui e non coordinati. Emerge una mancanza di spazi pubblici e spazi verdi interconnessi tra di loro e che connotino l'area. Elemento connotante l'area è l'asse viario ad alto scorrimento di corso Grosseto, evidente margine fisico dell'area di progetto.

L'organizzazione dell'assetto comunale e la pianificazione dello sviluppo delle aree definite dal Piano regolatore Generale (P.R.G.) del comune di Torino sono esemplificate nella figura successiva come estratto della carta tecnica e definiscono la destinazione funzionale della specifica area oggetto di intervento.



In particolare, si tratta di aree dedicate a servizi e più nello specifico servizi ad uso pubblico, sociale ed attrezzature di interesse generale [9].

A questo punto si cominciano a definire le quantità generali per quanto riguarda le volumetrie edificabili e le superfici da destinare a verde e parcheggi. A tal proposito si riportano in forma schematica i valori definiti in sede di progetto preliminare riguardante l'intera area di progetto avente superficie territoriale pari a m^2 15 874.

Si riportano successivamente i dati di progetto:

- **Superficie territoriale (St) = 15 847 m^2 ;**
- **Superficie Lorda di Piano (SLP) = 5 858 m^2 ,** di cui 1 200 m^2 su due piani destinati all'edificio sociale, 350 m^2 destinati a spogliatoi e 4 308 m^2 destinati ai campi sportivi coperti;
- **Superficie coperta (Sc) = 5 258 m^2 ,** di cui 600 m^2 su due piani destinati all'edificio sociale, 350 m^2 destinati a spogliatoi e 4 308 m^2 destinati ai campi sportivi coperti;
- **Rapporto di copertura (RC) = 33,18 %,** in conformità con l'art.126 del Regolamento Edilizio;
- **Superficie a verde in piena terra = 3 300 m^2 ,** in conformità con l'art.91 del Regolamento Edilizio;

Una volta definita l'area su cui ricade il lotto di progetto, si fa riferimento alla Legge 24 marzo 1989, n°122 sulle disposizioni in materia di parcheggi e all'art. 41 – sexies. secondo il quale nelle nuove costruzioni e anche nelle aree di pertinenza delle costruzioni stesse, devono essere riservati appositi spazi per parcheggi in misura non inferiore ad un metro quadrato per ogni dieci metri cubi di costruzione [10].

Applicando la suddetta legge al lotto di progetto in questione, ne risulta uno spazio destinato a parcheggio di m^2 2 050, calcolata in misura del 10% della volumetria edificata come previsto dall'art.2 punto 17 e 17bis definite dalle norme urbanistiche edilizie di attuazione (NUEA) del P.R.G.

- **Volume edificabile totale = 20 328 di m^2 ,** in conformità con l'art.126 del Regolamento Edilizio;
- **Area totale parcheggi = 2 032 m^2 ;**

- **Area destinata a parcheggi auto = 1 739 m²**;
- **Area destinata a parcheggi bici = 293 m²**, pari al 5% della SLP totale come previsto dall'art.82 del Regolamento Edilizio detraibile dall'area totale parcheggi come precisato al comma 2 del medesimo articolo;

3.3 Norme Coni per impianti sportivi [11]

Allo scopo di individuare i livelli minimi qualitativi e quantitativi, di idonei livelli di funzionalità; igiene e sicurezza vengono studiate le linee guida del CONI da rispettare nella realizzazione di nuovi impianti sportivi. Normative applicate sia agli impianti sportivi agonistici che a quelli di esercizio (cioè quelle attività sportive non destinate all'agonismo).

Gli impianti sportivi dovranno essere realizzati ed attrezzati in modo da consentirne l'utilizzazione da parte dei diversi utenti, compresi quelli DA, tenendo conto delle relative esigenze. Quindi, al fine di rendere gli impianti idonei all'uso cui sono destinati, sono necessari idonei servizi, correlati al tipo e livello di pratica sportiva previsto.

L'impianto sportivo dovrà essere dotato di idonee aree da destinare a parcheggio dei mezzi di trasporto dei diversi utenti. Per gli utenti DA dovranno essere previste aree di parcheggio riservate e in prossimità degli ingressi/uscite dall'impianto.

La pavimentazione dello spazio di attività dovrà essere adatta al tipo di pratica sportiva, mentre eventuali gradini dovranno essere ben segnalati da colore contrastante.

In linea generale si consiglia l'utilizzazione dell'illuminazione naturale, dovrà comunque essere evitata e l'incidenza diretta dei raggi solari; mentre gli impianti di illuminazione artificiale dovranno essere realizzati in modo da evitare fenomeni di abbagliamento. Negli impianti sportivi al chiuso ed in quelli all'aperto illuminati artificialmente, per lo spazio di attività dovrà essere realizzato un impianto di illuminazione di sicurezza in grado di entrare in funzione automaticamente ed istantaneamente in caso di interruzione dell'energia di rete.

Per tutti gli spazi al chiuso dovrà essere previsto un adeguato ricambio dell'aria mediante ventilazione naturale o artificiale, al fine di consentire idonee condizioni igieniche e di comfort per gli utenti.

Per quanto riguarda la regolazione della temperatura e dell'umidità relativa, tenendo conto delle condizioni climatiche locali, dovrà essere previsto il mantenimento nei locali al chiuso di idonee condizioni di comfort per lo svolgimento della pratica sportiva e delle altre attività.

Gli spazi di attività dovranno essere dotati delle attrezzature fisse, amovibili e mobili nonché degli attrezzi necessari allo svolgimento della pratica sportiva secondo il livello e la categoria di utenti previsti. Inoltre, dovranno essere previste le attrezzature per il rilevamento e la segnalazione di tempi e punteggi.

L'affollamento massimo previsto nello spazio di attività dovrà essere stabilito tenendo conto del tipo e del livello di attività sportiva praticato, computando il numero di utenti contemporaneamente presenti.

Le pavimentazioni dovranno essere di tipo non sdruciolevole e le diverse parti degli impianti tecnici e le apparecchiature (soggette a periodici interventi di manutenzione e controllo) dovranno risultare facilmente accessibili ma anche protette da manomissioni.

In relazione agli spogliatoi degli atleti, il numero di spogliatoi da realizzare dovrà essere commisurato al numero di utenti contemporanei. Il dimensionamento dei locali spogliatoio dovrà essere effettuato considerando una superficie per posto spogliatoio non inferiore a m^2 1,60, comprensiva degli spazi di passaggio e dell'ingombro di eventuali appendiabiti o armadietti.

Gli spogliatoi dovranno risultare accessibili e fruibili dagli utenti DA; a tal fine le porte di accesso dovranno avere luce netta non inferiore a m 0,90; eventuali corridoi, disimpegni o passaggi dovranno consentire il transito e (ove necessario) la rotazione della sedia a ruote. Da ogni locale spogliatoio si dovrà accedere ai propri servizi docce e dovrà avere a proprio esclusivo servizio almeno un WC in locale proprio.

Dovrà essere presente un locale di primo soccorso, ubicato in modo tale da permettere un agevole accesso sia dallo spazio di attività che dall'esterno dell'impianto. Le dimensioni degli accessi e dei percorsi dovranno essere tali da consentire l'agevole

passaggio di una barella (si consiglia una superficie netta non inferiore a m² 9, al netto dei servizi, con almeno un lato di dimensione non inferiore a m 2.50). Il locale dovrà essere dotato di proprio WC accessibile e fruibile dagli utenti DA, con anti WC dotato di lavabo. Nel locale di primo soccorso o nelle sue immediate vicinanze dovrà essere previsto un posto telefonico.

Per quanto riguarda i Servizi igienici, ogni locale WC dovrà avere accesso da apposito locale di disimpegno (anti WC), nel quale potranno essere installati gli orinatoi, per i servizi uomini, ed almeno un lavabo. L'anti-WC, nel caso in cui non siano previsti orinatoi, può essere utilizzato anche come locale filtro e/o disimpegno del locale docce. Per spogliatoi con meno di cinque utenti, l'anti-WC, comunque consigliato, potrà non essere realizzato.

Tali servizi igienici dovranno avere una dimensione minima di m 0,90 x 1,20, mentre quelli per utenti DA dovranno avere dimensioni minime di m 1,50 x 1,50 (entrambi con porta di accesso apribile verso l'esterno, o scorrevole). Nel caso in cui il lavandino sia previsto all'interno del locale, la dimensione minima sarà di m 1,50 x 1,80.

Almeno un servizio igienico per gli spogliatoi degli uomini ed uno per quello delle donne dovranno essere fruibili da parte degli utenti DA; è sconsigliata la realizzazione di servizi per utenti DA con presenza contemporanea di WC e doccia.

Le docce dovranno essere realizzate in apposito locale; al quale si dovrà accedere, preferibilmente, tramite locale filtro. Dovrà essere previsto almeno un posto doccia ogni quattro posti spogliatoio (approssimando il calcolo per eccesso), con dotazione minima di due docce. Sono preferibili docce a pavimento in locale comune, senza divisori fissi onde consentire un agevole uso anche da parte degli utenti DA. Ogni doccia dovrà avere una dimensione minima di m 0,90 x 0,90 con antistante spazio di passaggio della larghezza minima di m 0,80 eventualmente in comune con altri posti doccia.

In ogni locale doccia almeno un posto doccia dovrà essere fruibile da parte degli utenti DA.

Le vetrate in caso di rottura non dovranno produrre frammenti pericolosi e se situate a meno di m 2.50 dal pavimento, dovranno essere dotate di vetri antisfondamento o di adeguate protezioni.

In relazione ai campi all'aperto invece, la loro ubicazione rispetto ai servizi (spogliatoi ed annessi) dovrà consentirne un facile utilizzo da parte degli atleti.

Per i manti in terra stabilizzata, in erba o sintetici, dovranno essere realizzati idonei sistemi di drenaggio per lo smaltimento delle acque, da dimensionare sulla base delle precipitazioni locali. Dovrà essere previsto un impianto di irrigazione adeguato al tipo di pavimentazione ed alle condizioni climatiche.

I campi dovranno essere dotati di adeguata recinzione e si consiglia la realizzazione di protezioni contro i venti dominanti, preferibilmente mediante siepi ed alberature.

L'illuminazione delle sale di attività sportiva e dei servizi annessi sono riportate in tabella riassuntiva di seguito e derivano dalla più specifica Norma UNI EN 12193. La norma fornisce i valori di illuminazione per la progettazione e il controllo dell'illuminazione nelle strutture sportive in termini di illuminamento, uniformità, limitazione dell'abbagliamento e proprietà di colore delle sorgenti di luce, intesi come requisiti minimi. [12]

| Tipologia | Temp. aria °C | Umidità relativa % | Illum. medio lux | Ricambi aria volumi amb./ora | Velocità massima aria m/sec ⁽¹⁾ | Livello massimo rumore ambiente dBA ⁽²⁾ | Locali |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|------------------|------------------------------|--|--|-------------------|
| Sale al chiuso | 16-20 | 50 | ⁽³⁾ | ⁽⁴⁾ | 0,15 | 40 | sala di attività |
| | 20-22 | 50 | 200 | ⁽⁴⁾ | 0,15 | 40 | sale preatletismo |
| | 18-22 ⁽⁷⁾ | 50 | 150 | 5 | 0,15 | 40 | spogliatoi |
| | 22 ⁽⁸⁾ | 70 | 80 | 8 | 0,15 | 50 | docce |
| | 22 | 60 | 80 | 5-8 | 0,15 | 40 | servizi igienici |
| | 20 | 50 | 200 | 2,5 | 0,15 | 40 | primo soccorso |
| | 20 | 50 | 200 | 1,5 | 0,15 | 40 | uffici |
| | 20 | 50 | 200 | 1 | 0,20 | 40 | atrio |
| | 16 | 50 | 100 | 0,5-1 | 0,25 | 50 | magazzini |
| | 20 | 50 | 150 | 0,5 | 0,20 | 40 | locali vari |
| Servizi per impianti all'aperto | 20-22 | 50 | 200 | 3 | 0,15 | 40 | sale preatletismo |
| | 18-22 ⁽⁷⁾ | 50 | 150 | 3 | 0,15 | 40 | spogliatoi |
| | 22 ⁽⁸⁾ | 70 | 80 | 8 | 0,15 | 50 | docce |
| | 20 | 60 | 80 | 5-8 | 0,15 | 40 | servizi igienici |
| | 20 | 50 | 200 | 2,5 | 0,15 | 40 | primo soccorso |
| | 20 | 50 | 300 | 1,5 | 0,15 | 40 | uffici |
| | 18-20 | 50 | 200 | 1,5 | 0,20 | 40 | atrio |
| | 16 | 50 | 100 | 0,5-1 | 0,25 | 50 | magazzini |
| | 18-20 | 50 | 150 | 0,5 | 0,20 | 40 | locali vari |

Fig. 13 - Estratto tabella C Norme CONI con indicazione delle caratteristiche ambientali per locali sportivi
Fonte: <https://www.coni.it/it/impianti/norme-e-regolamenti.html>

3.4 Organizzazione spaziale e funzionale del nuovo centro sportivo

Alla luce delle direttive CONI sui centri sportivi e a seguito di numerosi incontri con i proprietari del lotto di progetto, si è giunti alla definizione funzionale e spaziale delle diverse strutture edilizie e sportive.

Per quanto riguarda gli aspetti funzionali è stata stabilita la realizzazione di aree dedicate all'accoglienza, zona bar, piccoli spogliatoi, sale per uffici singoli e una sala conferenze più grande; tutti spazi concentrati in un edificio avente funzione sociale. Sono inoltre previsti degli spogliatoi inseriti tra i campi da gioco.

Le attività sportive previste riguardano il tennis, il padel, il calcio e il beach volley. L'area sarà servita da una zona parcheggio per le auto ed una per le bici. Il centro sportivo sarà disseminato di aree verdi che fungeranno da tessuto connettivo tra i campi e gli edifici

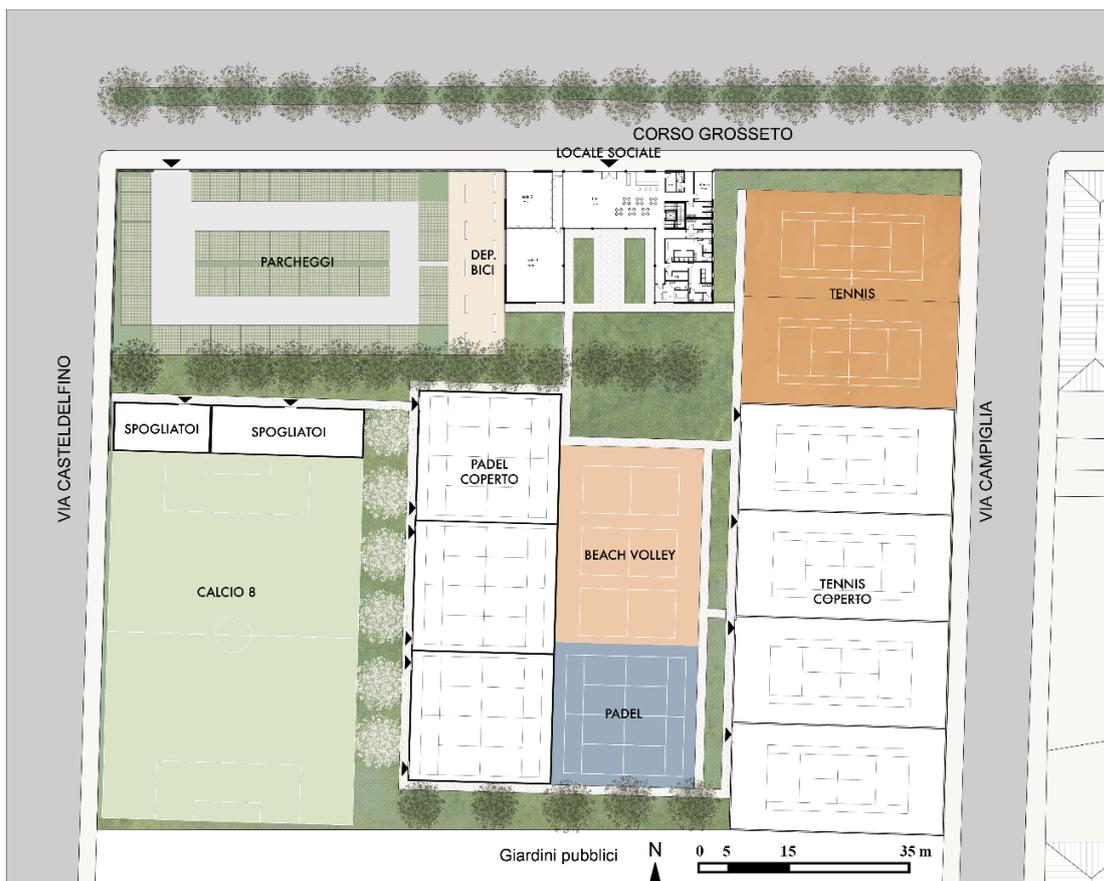


Fig. 14 - Elaborazione grafica dell'impianto planimetrico dell'area di progetto che ospiterà il nuovo centro sportivo in scala 1:500

Per quanto concerne l'organizzazione spaziale si è preferito disporre l'edificio sociale e l'area parcheggio sulla strada principale (corso Grosseto) così da favorire un'accessibilità pedonale e carrabile facilitata. Gli edifici a copertura dei campi da gioco sono prevalentemente disposti secondo un asse longitudinale nord-sud al fine di ridurre l'area delle superfici disperdenti relative alle pareti con esposizione nord.

L'ala est del centro sportivo, lungo il confine della strada, è interessata dalla presenza dei campi da tennis coperti e non coperti, la zona centrale del lotto da campi da padel e da beach volley e la zona ovest del lotto è occupata dal campo di calcio a 8.

Gli spazi interstiziali sono mantenuti come spazi a verde in piena terra completati da alberature ad alto fusto ove possibile. La circolazione interna è favorita da una pavimentazione drenante che interconnette tutte le varie strutture edilizie e le aree riguardanti le diverse attività sportive.

Data l'intenzione di realizzare numerosi campi da gioco è stato necessario abbattere alcuni alberi da fusto già presenti all'interno del lotto di progetto, ma a tal proposito è stata prevista la piantumazione di nuovi alberi lungo il confine est del campo da calcio.

3.5 Progetto Architettonico

L'ingresso al centro sportivo avviene attraverso il parcheggio carrabile e l'edificio sociale disposti lungo l'arteria principale (corso Grosseto) così da favorire un'accessibilità facilitata a tutti, pedoni, ciclisti e automobili.

L'edificio sociale rappresenta il fulcro dell'intero progetto poiché riveste in esso tutte le funzioni cardine quali: accoglienza, socialità, sala conferenze e servizi necessari al corretto funzionamento del centro. Si tratta di servizi dedicati agli utenti praticanti e non le attività sportive offerte, quali spogliatoi e servizi igienici. Comprende infine uffici destinati al personale amministrativo/gestionale del centro sportivo polivalente.

L'edificio sociale risulta composto da due piani fuori terra e da un piano interrato dedicato ad ospitare gli impianti di riscaldamento, i serbatoi di accumulo dell'acqua calda sanitaria prodotta ed eventuali sistemi impiantistici necessari all'introduzione di impianti di produzione da fonte energetica rinnovabile solare.

La strutturazione degli spazi relativi all'edificio sociale pone importanza al posizionamento dei servizi essenziali prevalentemente al piano terra al fine di renderli immediatamente accessibili da parte dell'utente finale. Si tratta nello specifico di una zona hall/reception dove l'utente può chiedere informazioni o assistenza a cui viene affiancato un punto ristoro/bar. Completano il piano terreno i bagni, gli spogliatoi, due uffici e una sala di rappresentanza.

Tutti questi spazi affacciano su una corte, pavimentata e interrotta da piccole aiuole verdi, la cui funzione è quella di dare grande luminosità ai locali degli spazi interni e di schermare parzialmente la radiazione solare diretta (particolarmente intensa durante i mesi estivi) proveniente da un'esposizione sud.

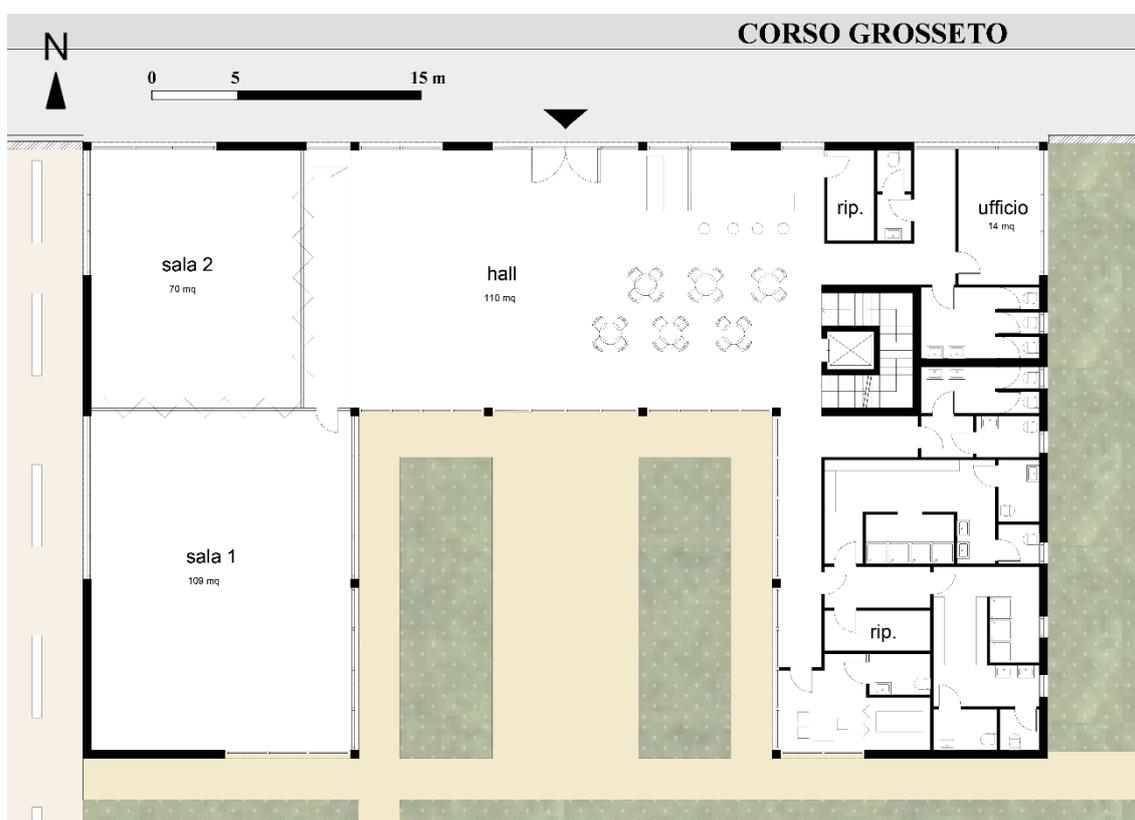


Fig. 15 - Elaborazione grafica planimetrica del piano terra dell'edificio sociale in scala 1:100

Per tutte le zone di distribuzione orizzontale, disimpegno e antibagno, sono state rispettate le direttive imposte dalla normativa CONI relativamente alle dimensioni minime di larghezza degli spazi, per favorire un facile movimento anche da parte degli utenti diversamente abili.

La distribuzione verticale è risolta attraverso un vano scale che gira intorno al vano ascensore, entrambi diretti sia al piano primo sia al piano interrato del locale impianti.

Al piano superiore sono stati previsti prevalentemente uffici singoli destinati al personale amministrativo/gestionale del centro sportivo polivalente; alcune sale conferenza di dimensioni maggiori rispetto agli uffici mentre la manica ad est, così come per il piano inferiore, sarà destinata ad ospitare bagni e spogliatoi.

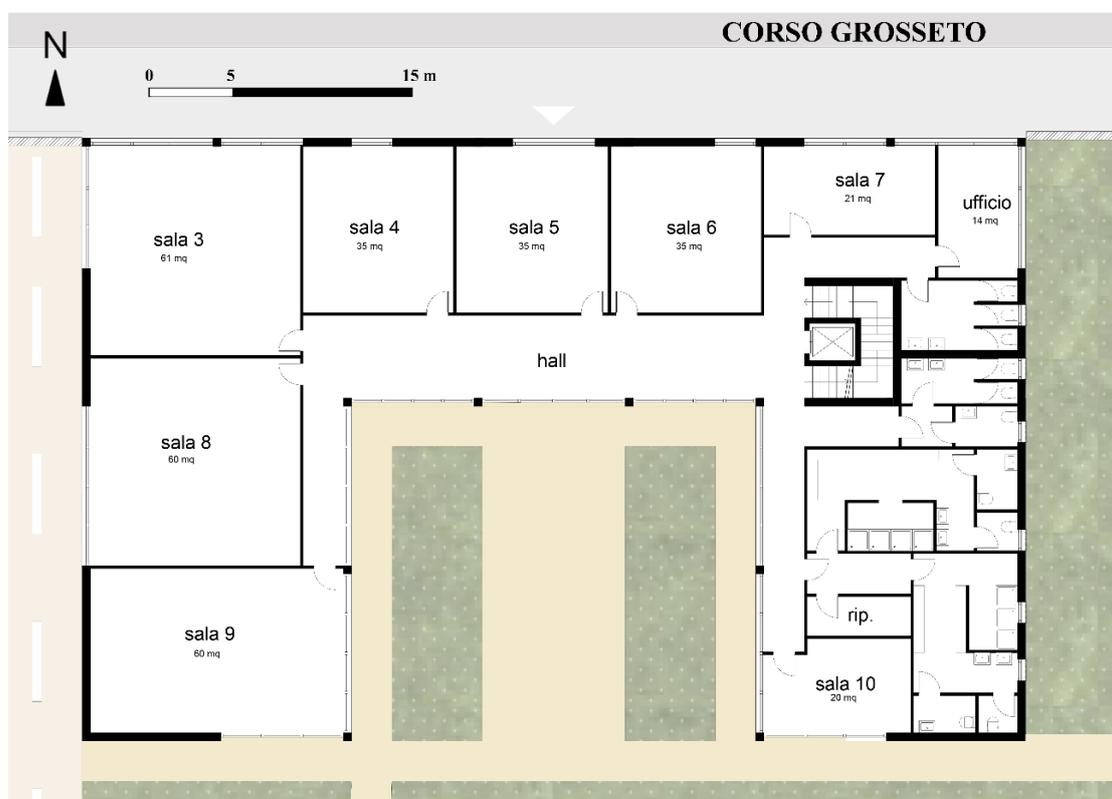


Fig. 16 - Elaborazione grafica planimetrica del piano primo dell'edificio sociale in scala 1:100

Per quanto riguarda le coperture degli edifici viene riproposto lo stesso schema per tutti i fabbricati presenti all'interno del centro sportivo.

In particolare, la tipologia di copertura riprende la tradizionale forma dei capannoni torinesi. L'adozione della copertura a shed, avente inclinazione di 30° rispetto all'asse orizzontale, permette di sfruttare la falda esposta a sud attraverso il posizionamento di impianti di produzione da fonte energetica rinnovabile solare.

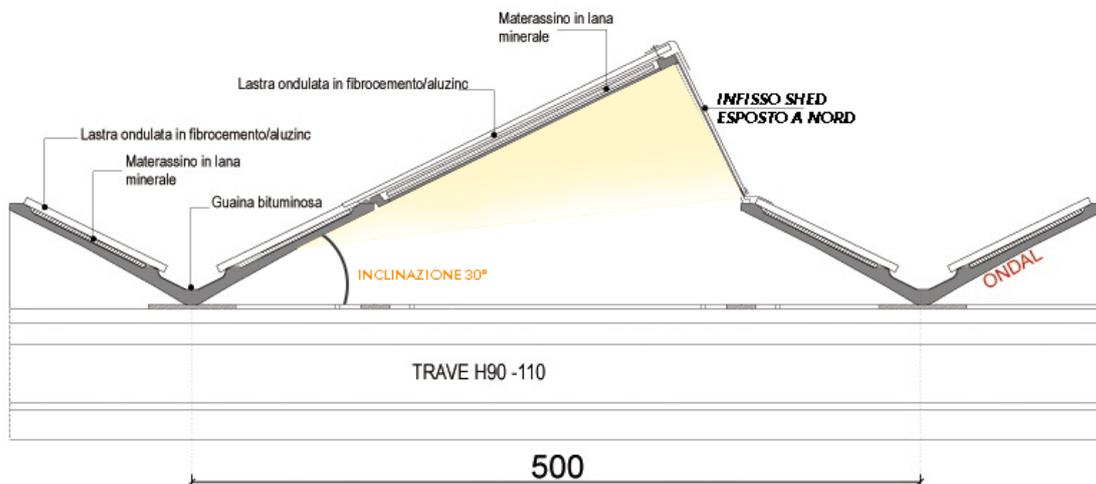


Fig. 17 – Particolare costruttivo dello schema di copertura adottato per tutti gli edifici
 Fonte: <http://www.sicepspa.it/building-systems/sistema-ondal/>

Viene inoltre adottata per contenere i consumi dovuti all'accensione dell'impianto di illuminazione presente all'interno degli edifici, andando a captare la radiazione luminosa per mezzo di vetrate poste nella falda esposta sul lato nord, facilitando l'accesso di luce diffusa ed evitando fenomeni di abbagliamento nei locali interni.

3.6 Fasi realizzative del nuovo centro sportivo

Vista l'ambiziosa proposta fatta per la realizzazione del nuovo centro sportivo a basso consumo energetico sito in via Casteldelfino n°64 si è deciso di procedere alla costruzione in tre diverse fasi, suddividendo il progetto in altrettanti lotti così da ridurre la quota di investimento iniziale.

La realizzazione risulta così composta per le diverse fasi.

FASE 1:

- n° 2 Campi da Tennis scoperti;
- n° 2 su 4 totali Campi da Tennis coperti;
- n° 6 su 6 totali Campi da Padel coperti;
- Edificio Spogliatoio Tennis e Padel;

- Edificio Sociale: Piano interrato e solo 200 m² del Piano Terra dei 600 m² previsti;
- Pavimentazione parziale dei percorsi;
- Parcheggio auto e bici;
- Verde parziale;
- Rimozione alberi da fusto nelle aree occupate dai campi sportivi;



Fig. 18 – Planimetria del progetto relativa alla FASE 1 di realizzazione

Nella prima fase di realizzazione viene data priorità alla costruzione parziale dell'edificio sociale, che ospiterà l'area accoglienza, il bar, un piccolo ufficio e i bagni; l'edificio destinato a spogliatoio tennis e padel; poco più del 50% dei campi totali previsti; la parziale realizzazione dell'area parcheggio auto e bici e della pavimentazione dei percorsi e delle aree verdi.

FASE 2:

- completamento di n° 2 Campi da Tennis coperti, dei 4 totali;
- n° 2 Campi da Padel scoperti;
- n° 3 Campi da Beach volley;
- n° 1 Campo da calcio a otto;
- Edificio Spogliatoio calcio;
- Completamento parziale pavimentazione dei percorsi;
- Piantumazione nuovi alberi;
- Ampliamento parcheggio auto;



Fig. 19 - Planimetria del progetto relativa alla FASE 2 di realizzazione

L'obiettivo della fase 2 di realizzazione è quello di portare a compimento la totalità dei campi da gioco previsti dal progetto al fine di completare l'offerta sportiva.

Viene inoltre realizzato l'ultimo spogliatoio previsto, legato alla costruzione del campo da calcio a 8. Anche l'area dedicata al parcheggio delle automobili diventa più estesa per garantire una crescente affluenza al centro sportivo.

La pavimentazione esterna che segna i percorsi di spostamento tra le varie strutture edilizie e sportive viene completamente ultimata.

FASE 3:

- Completamento Edificio Sociale: 400 m² rimasti per il Piano Terra e realizzazione 600 m² del Piano Primo;
- Completamento aree verdi;
- Completamento parcheggio auto e bici;

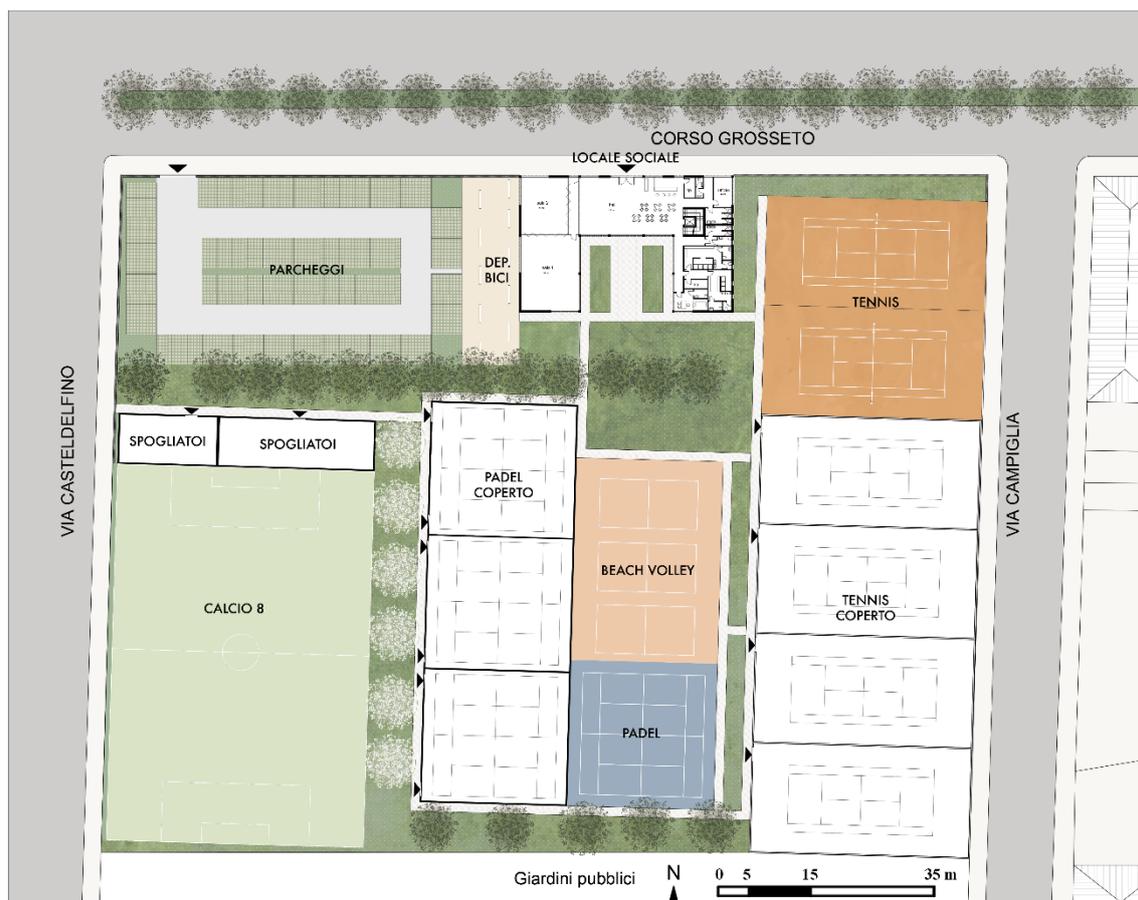


Fig. 20 - Planimetria relativa alla FASE 3 di realizzazione del centro sportivo

Nella fase 3 di realizzazione viene ultimato nella sua interezza il piano terra e realizzato il piano primo dell'edificio sociale. Viene inoltre completata l'area dedicata al parcheggio auto e bici.

3.7 Affluenza contemporanea degli utenti nelle diverse fasi di realizzazione

È necessario calcolare l'affollamento massimo previsto del centro sportivo, stabilito tenendo conto della tipologia di attività sportiva praticata, computando il numero di utenti contemporaneamente presenti. Quest'operazione deve necessariamente essere svolta per ogni fase di realizzazione del centro sportivo.

Per la fase 1 in cui sono stati realizzati nel complesso n° 6 campi da Padel e n° 4 campi da Tennis, si ha un affollamento contemporaneo totale di 40 utenti suddivisi secondo quanto riportato nella tabella seguente:

| ATTIVITA' SPORTIVA | MAX N° UTENTI |
|--------------------|---------------|
| PADEL | 24 |
| TENNIS | 16 |

Per la fase 2 sono stati realizzati nel complesso n° 8 campi da Padel, n° 6 campi da Tennis, n° 3 campi da Beach Volley e n°1 campo da calcio a 8. Si ha un'affluenza contemporanea totale di 102 utenti suddivisi secondo quanto riportato nella tabella seguente:

| ATTIVITA' SPORTIVA | MAX N° UTENTI |
|--------------------|---------------|
| PADEL | 32 |
| TENNIS | 24 |
| CALCIO | 16 |
| BEACH VOLLEY | 30 |

Per la fase 3 di realizzazione sono presenti le stesse strutture sportive poiché in questa fase si ha il completamento delle sole strutture edilizie. L'affollamento contemporaneo totale risulta lo stesso della fase precedente e quindi di 102 utenti.



4. Progetto energetico del nuovo centro sportivo

4.1 Descrizione dell'intervento

L'analisi di prestazione energetica è stata svolta seguendo le direttive della normativa **UNI/TS-11300 [13]**, effettuata sul nuovo centro sportivo polivalente, interessato da un intervento di nuova costruzione. Per questo intervento si è studiato il comportamento di due diverse tipologie di involucro opaco, una chiusura verticale coibentata composta solo da materiali naturali legnosi, e una coibentata con rivestimento metallico.

Nel centro polivalente sono attivi il servizio di climatizzazione invernale, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

Il servizio di riscaldamento prevede l'utilizzo di impianti termici a Pompa di Calore che utilizzano unicamente energia elettrica, abbandonando completamente i sistemi impiantistici alimentati da combustibili fossili.

Per gli edifici adibiti a spogliatoio e per l'edificio sociale viene installata una Pompa di Calore ad acqua allacciata a sonde geotermiche, posizionate orizzontalmente a circa 1 metro di profondità. Si sfrutta così lo scambiatore geotermico per le fasi di preriscaldamento e pre-raffrescamento dell'acqua, ottimizzando il tutto con terminali di emissione a bassa temperatura (pannelli radianti annegati a pavimento), un sistema ad elevata inerzia termica. Invece per i campi da gioco coperti vengono utilizzate Pompe di Calore ad aria, con bocchette di emissione ad aria calda, per una maggiore velocità di risposta nel caso di un utilizzo frammentato dei campi durante la giornata; ad esso viene accoppiato l'utilizzo di un destratificatore dell'aria.

Per rendere più efficiente il servizio di ACS si utilizzano serbatoi di accumulo per aumentare la continuità di produzione di acqua calda, e docce a basso consumo dotate di recupero di calore.

Per il servizio di illuminazione artificiale vengono adottate lampade a LED con sistemi di controllo automatici e sensori di presenza, evitando un'accensione costante in caso di non utilizzo degli spazi. Inoltre, con la specifica tipologia di copertura a shed realizzata con la parte vetrata orientata a nord si cerca di massimizzare la quota di ingresso di luce naturale, sotto forma di luce diffusa e non diretta, al fine di evitare fenomeni di abbagliamento nei campi da gioco coperti.

L'obiettivo dell'intervento è quello di realizzare degli edifici con una forma compatta per ridurre l'area delle superfici disperdenti verso l'esterno e ridurre di conseguenza le dispersioni; di progettare l'involucro opaco con elevato isolamento termico e involucro trasparente estremamente performante al fine di contenere le dispersioni di energia termica; di utilizzare pannelli prefabbricati per una maggiore velocità di esecuzione, flessibilità di utilizzo e disassemblabilità delle strutture.

Con queste ipotesi si è cercato di limitare al massimo il fabbisogno di energia termica utile, inoltre con l'adozione di impianti ad elevata efficienza si raggiungono i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici a energia quasi zero (nZEB) già prima dell'inserimento di pannelli solari termici e fotovoltaici da integrare nella copertura.

4.2 Localizzazione e dati climatici

Il progetto del nuovo centro sportivo polivalente ricade nella Circostrizione V del comune di Torino, in via Casteldelfino n°64 ad un'altitudine di 314m s.l.m.

Per comprendere meglio il comportamento di esposizione e irraggiamento impattante sull'area, vengono riportate le coordinate geografiche della zona di progetto collocata ad una latitudine di 45°10'40.03'' N e ad una longitudine di 7°67'37.88'' E.

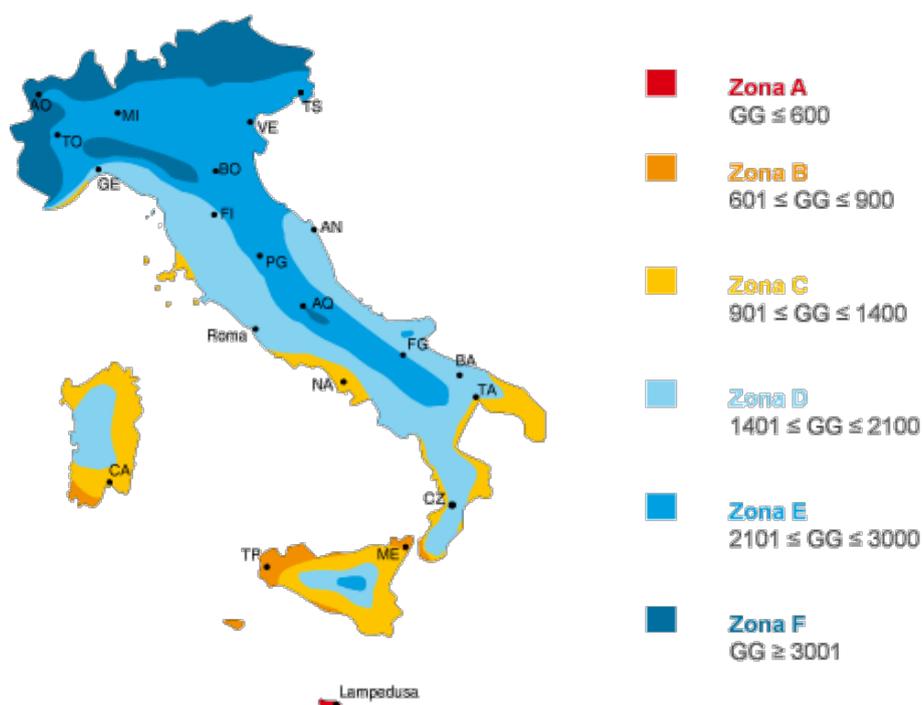


Fig. 21 - Visualizzazione grafica delle fasce climatiche italiane definite dal D.P.R. n°412 del 1993
Fonte: <https://www.certifico.com/impianti/zone-climatiche-tabella-a-aggiornata-d-p-r-412-1993>

Il territorio del comune di Torino, secondo quanto stabilito dal **D.P.R. n°412 del 1993**, rientra nella zona climatica E, attribuita in base al valore dei Gradi Giorno (GG), indicatore utile per la misurazione del fabbisogno termico per il riscaldamento delle abitazioni, in relazione alla località e al periodo. Per la città di Torino pari a Gradi Giorno 2.728 °C, corrispondenti alla somma estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente interno (fissata a 20°C) e la temperatura media esterna giornaliera [14].

Ai fini del calcolo del carico termico di progetto, la temperatura esterna di progetto viene fissata a -8°C dalla norma **UNI EN 12831**.

4.3 Definizione Zone Termiche

Al fine di determinare il fabbisogno di energia termica utile per le aree riscaldate è necessario definire le zone termiche considerate per tutte le strutture presenti all'interno del progetto.

In particolare, si presentano due diverse tipologie di zone:

- zone riscaldate a 20°C;
- zone non riscaldate;



Fig. 22 - Elaborazione Pianta Piano Terra dell'edificio sociale con indicazione della suddivisione in zone termiche

Nell'edificio sociale vengono individuate tre zone termiche riscaldate al piano terra mentre il vano scala è considerato zona non riscaldata.

Di seguito sono riportate in tabella le caratteristiche geometriche delle tre zone termiche localizzate al piano terra.

| ZONA TERMICA 1 | Hall + Bar |
|---|------------|
| SUPERFICIE LORDA IN PIANTA (m ²) | 180 |
| SUPERFICIE UTILE RISCALDATA (m ²) | 168 |
| ALTEZZA MEDIA LORDA (m) | 3,5 |
| ALTEZZA MEDIA NETTA (m) | 3,2 |
| VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) | 630 |
| VOLUME NETTO RISCALDATO (m ³) | 537 |

| ZONA TERMICA 2 | Uffici |
|---|---------|
| SUPERFICIE LORDA IN PIANTA (m ²) | 225 |
| SUPERFICIE UTILE RISCALDATA (m ²) | 199,64 |
| ALTEZZA MEDIA LORDA (m) | 3,5 |
| ALTEZZA MEDIA NETTA (m) | 3,2 |
| VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) | 787,5 |
| VOLUME NETTO RISCALDATO (m ³) | 638,848 |

| ZONA TERMICA 3 | Bagni + Spogliatoio |
|---|---------------------|
| SUPERFICIE LORDA IN PIANTA (m ²) | 73,5 |
| SUPERFICIE UTILE RISCALDATA (m ²) | 65,5 |
| ALTEZZA MEDIA LORDA (m) | 3,5 |
| ALTEZZA MEDIA NETTA (m) | 3,2 |
| VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) | 257,25 |
| VOLUME NETTO RISCALDATO (m ³) | 209.6 |

Al piano primo dell'edificio sociale vengono individuate due zone termiche riscaldate rappresentate nella figura seguente.



Fig. 23 - Elaborazione Pianta Piano Primo dell'edificio sociale con indicazione della suddivisione in zone termiche

Si riportano le caratteristiche geometriche delle due zone termiche del piano primo.

| ZONA TERMICA 1 | Uffici |
|---|--------|
| SUPERFICIE LORDA IN PIANTA (m ²) | 509,2 |
| SUPERFICIE UTILE RISCALDATA (m ²) | 475 |
| ALTEZZA MEDIA LORDA (m) | 3,5 |
| ALTEZZA MEDIA NETTA (m) | 3,2 |
| VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) | 1782,2 |
| VOLUME NETTO RISCALDATO (m ³) | 1520 |

| ZONA TERMICA 2 | Bagni + Spogliatoio |
|---|---------------------|
| SUPERFICIE LORDA IN PIANTA (m ²) | 73,5 |
| SUPERFICIE UTILE RISCALDATA (m ²) | 65,5 |
| ALTEZZA MEDIA LORDA (m) | 3,5 |
| ALTEZZA MEDIA NETTA (m) | 3,2 |
| VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) | 257,25 |
| VOLUME NETTO RISCALDATO (m ³) | 209.6 |

Negli ambienti non riscaldati dell'edificio sociale sono stati utilizzati i fattori di correzione (btr,U), determinati secondo la **UNI EN ISO 13789** e riportati nel Prospetto 7 della norma **UNI TS 11300-1**. Tali fattori, propri delle dispersioni tra zone riscaldate e zone termiche non riscaldate (ZNR), sono riportati nella seguente tabella (in riferimento alle sole zone prese in esame).

| ZONA NON RISCALDATA (ZNR) | COEFFICIENTE CORRETTIVO |
|----------------------------------|--------------------------------|
| SOTTOTETTO ISOLATO | 0,7 |
| VANO SCALA | 0,4 |
| PIANO INTERRATO IMPIANTI | 0,5 |

Si riportano in tabella le caratteristiche geometriche dell'unica zona termica presente nell'edificio destinato a spogliatoio per il calcetto.

| ZONA TERMICA | Spogliatoio Calcio |
|---|---------------------------|
| SUPERFICIE LORDA IN Pianta (m ²) | 134 |
| SUPERFICIE UTILE RISCALDATA (m ²) | 108,56 |
| ALTEZZA MEDIA LORDA (m) | 3 |
| ALTEZZA MEDIA NETTA (m) | 2,7 |
| VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) | 402 |
| VOLUME NETTO RISCALDATO (m ³) | 293,112 |

Si riportano in tabella le caratteristiche geometriche dell'unica zona termica presente nell'edificio destinato a spogliatoio per il tennis e il padel.

| ZONA TERMICA | Spogliatoio Tennis e Padel |
|---|-----------------------------------|
| SUPERFICIE LORDA IN Pianta (m ²) | 216 |
| SUPERFICIE UTILE RISCALDATA (m ²) | 189,6 |
| ALTEZZA MEDIA LORDA (m) | 3 |
| ALTEZZA MEDIA NETTA (m) | 2,7 |
| VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) | 648 |
| VOLUME NETTO RISCALDATO (m ³) | 511,92 |

Si riportano in tabella le caratteristiche geometriche della zona termica relativa all'edificio destinato ad ospitare i campi da tennis coperti. I valori sono riferiti ad un solo campo da tennis coperto.

| ZONA TERMICA | Singolo Campo da Tennis coperto |
|---|---------------------------------|
| SUPERFICIE LORDA IN PIANTA (m ²) | 648 |
| SUPERFICIE UTILE RISCALDATA (m ²) | 626,4 |
| ALTEZZA MEDIA LORDA (m) | 9 |
| ALTEZZA MEDIA NETTA (m) | 9 |
| VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) | 5832 |
| VOLUME NETTO RISCALDATO (m ³) | 5637,6 |

Si riportano in tabella le caratteristiche geometriche della zona termica relativa all'edificio destinato ad ospitare i campi da padel coperti. I valori sono riferiti ad una coppia di campi da padel coperti.

| ZONA TERMICA | Doppio Campo da Padel coperto |
|---|-------------------------------|
| SUPERFICIE LORDA IN PIANTA (m ²) | 528 |
| SUPERFICIE UTILE RISCALDATA (m ²) | 509,6 |
| ALTEZZA MEDIA LORDA (m) | 11 |
| ALTEZZA MEDIA NETTA (m) | 11 |
| VOLUME LORDO RISCALDATO (m ³) | 5808 |
| VOLUME NETTO RISCALDATO (m ³) | 5605,6 |

Come si evince i campi da gioco coperti sono quelli che hanno una volumetria riscaldata maggiore al resto di tutte le altre zone termiche presenti all'interno del centro sportivo.

4.4 Caratterizzazione involucro opaco

Per tutti gli elementi di involucro opaco è stata verificata la prestazione termica facendo riferimento ai requisiti minimi degli edifici a energia quasi zero. I materiali e gli spessori per l'isolamento sono stati scelti per verificare sia l'assenza di condensa superficiale sia la possibile formazione di condensa interstiziale. Nello specifico sulla base dei limiti da rispettare in termini di trasmittanza complessiva dell'involucro, sono state adottate due diverse tipologie di involucro opaco verticale disperdente verso l'esterno, entrambe realizzate in pannelli prefabbricati ad alto isolamento termico.

Una tipologia è realizzata attraverso l'utilizzo di pannelli in materiali naturali legnosi, compatibili con l'ambiente e a ridotto contenuto di "Embodied Energy", prodotto messo in commercio dall'azienda "Rockwool".

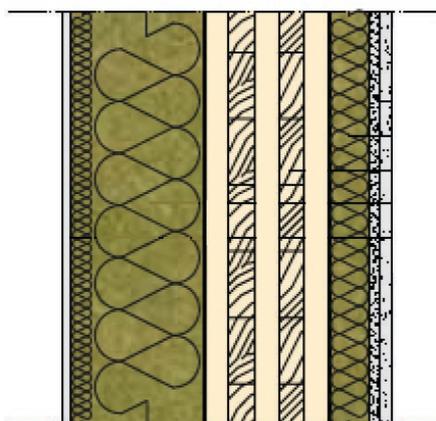


Fig. 24 - Sezione orizzontale della parete presa in esame
Fonte: <https://www.rockwool.com/it/>

Nella tabella seguente vengono riportare le principali caratteristiche termofisiche della parete esaminata:

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Spessore | 397,0 mm |
| Resistenza | 6,269 m ² k/W |
| Trasmittanza | 0,160 W/m ² K |
| Massa Superficiale | 130 kg/m ² |

Per completezza si riporta inoltre la stratigrafia della parete con le principali caratteristiche di ogni strato che compone l'involucro opaco.

| Strato | Spessore s mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R m ² K/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità C kJ/(kgK) | Fattore μ - |
|---|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------|-----------------------|
| Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - |
| Cartongesso in lastre | 15,0 | 0,210 | 0,071 | 900 | 1,30 | 8,7 |
| Gesso (1200 kg a m3) | 15,0 | 0,430 | 0,035 | 1.200 | 1,00 | 4,0 |
| Pannello XLAM (5 strati) | 200,0 | 0,130 | 1,538 | 420 | 1,60 | 0,0 |
| Rockwool FrontRock max E 160mm | 160,0 | 0,036 | 4,444 | 90 | 1,03 | 1,0 |
| Intonaco di calce e gesso | 7,0 | 0,700 | 0,010 | 1.400 | 0,84 | 11,1 |
| Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - |
| TOTALE | 397,0 | | 6,269 | | | |

Fig. 25 - Stratigrafia della parete presa in esame
Fonte: <https://www.rockwool.com/it/>

La seconda tipologia di chiusura verticale opaca adottata è invece composta da un pannello con rivestimento esterno in lamiera metallica contenente al suo interno il solo materiale isolante, commercializzato dall'azienda italiana "Isolpack".

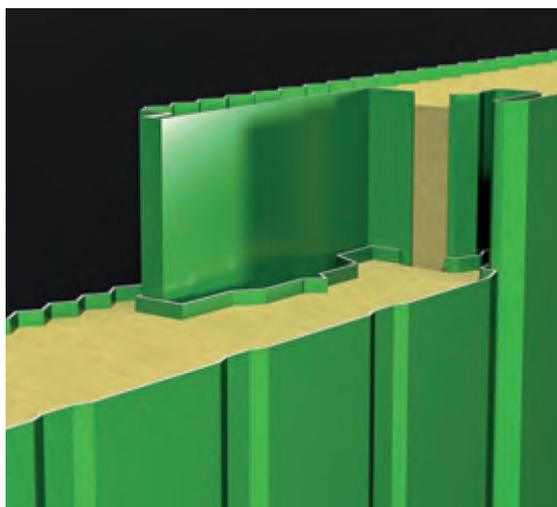


Fig. 26 - Spaccato assonometrico della parete presa in esame
Fonte: <http://www.isolpack.com/>

Vengono riportare le principali caratteristiche termofisiche nella tabella seguente:

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Spessore | 200,0 mm |
| Resistenza | 5,00 m ² k/W |
| Trasmittanza | 0,200 W/m ² K |
| Massa Superficiale | 70 kg/m ² |

4.5 Caratterizzazione involucro trasparente

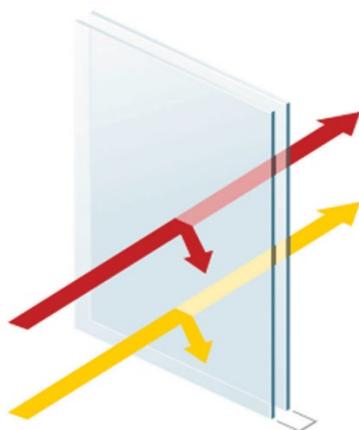
Nella scelta dei componenti di involucro trasparente, ai fini del calcolo della prestazione energetica, non si è considerato l'utilizzo di schermature mobili o chiusure fisse per ottenere valori di dispersione più cautelativi, andando ad escludere la resistenza termica aggiuntiva data proprio dalla possibile presenza di questi due elementi.

Il progetto presenta diverse tipologie di componente trasparente, di cui si riportano le caratteristiche geometriche e che in seguito saranno identificate tramite l'assegnazione di un codice:

- Portafinestra (A): 160x210cm accoppiato a un sopra-luce (B) di dimensioni 160x110cm a completamento dell'altezza netta tra i due solai dell'edificio sociale;
- Finestra (C): 190x95cm disposta nella falda nord degli shed;
- Finestra (D): 120x60cm presente nei bagni e negli spogliatoi;

Di seguito vengono riportate le caratteristiche tecniche dei serramenti, ossia i valori prestazionali di isolamento termico degli elementi di involucro trasparente e la loro collocazione.

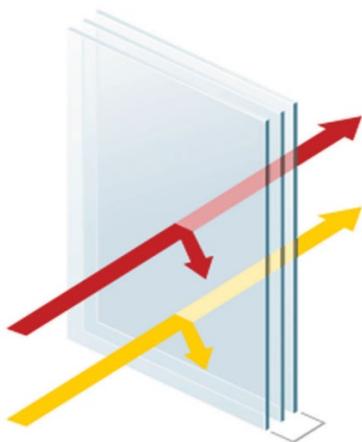
Negli edifici con le facciate esposte ad est, sud ed ovest è stato scelto un telaio in alluminio a taglio termico con doppio vetro e trattamento basso-emissivo di cui si riportano in tabella le principali caratteristiche termiche e luminose.



| | |
|---|-------------------------|
| Spessore totale | 24 mm (4+16+4) |
| Emissività | 0,2 |
| Trasmissione luminosa | 83 % |
| Fattore solare totale (g) | 67 % |
| Trasmittanza termica telaio (Uf) | 1,2 W/m ² /K |
| Trasmittanza termica vetro (Ug) | 1,1 W/m ² /K |

Il vetro scelto ha uno spessore totale di 24 mm e risulta composto da una lastra di vetro esterna di 4 mm con trattamento basso-emissivo, una camera da 16 mm contenente argon al 90% e una lastra di vetro interna dello spessore di 4 mm avente anch'essa un trattamento basso-emissivo sull'interfaccia con la camera di argon.

Invece negli edifici con le facciate esposte a nord è stato scelto un telaio in alluminio a taglio termico con triplo vetro e trattamento basso-emissivo. Il triplo vetro viene adottato principalmente per limitare le dispersioni nelle facciate esposte a nord che risultano essere le facciate più fredde degli edifici. Se ne riportano in tabella le principali caratteristiche termiche e luminose:



| | |
|---|-------------------------|
| Spessore totale | 35 mm (4+12+3+12+4) |
| Emissività | 0,2 |
| Trasmissione luminosa | 67 % |
| Fattore solare totale (g) | 57 % |
| Trasmittanza termica telaio (Uf) | 1,2 W/m ² /K |
| Trasmittanza termica vetro (Ug) | 0,7 W/m ² /K |

Il vetro scelto ha uno spessore totale di 35 mm e risulta composto da una lastra di vetro esterna di 4 mm con trattamento basso-emissivo, una camera da 12 mm contenente argon al 90%, una lastra di vetro da 3 mm avente anch'essa un trattamento basso-emissivo, un'altra camera da 12 mm contenente argon al 90% e una lastra di vetro da 4 mm avente anch'essa un trattamento basso-emissivo sull'interfaccia con la camera di argon.

4.6 Soluzioni impiantistiche

La scelta delle tipologie di impianto non è stata fatta solamente in funzione del calcolo della prestazione energetica degli edifici, ma anche in funzione di quanto detto

precedentemente in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile, quindi escludendo a priori quelle tipologie di impianto che producono energia termica a partire dall'utilizzo di combustibili fossili, azzerando conseguentemente le possibili emissioni.

Nel nuovo centro sportivo polivalente sono presenti impianti legati al servizio di riscaldamento, produzione acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

In particolare si è scelto di adottare, per l'edificio sociale e per gli edifici adibiti a spogliatoi, un unico sistema di generazione a pompa di calore geotermica combinata capace di svolgere contemporaneamente i servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria. Essa sfrutta le sonde geotermiche orizzontali superficiali (posizionate a circa 1 metro di profondità) per recuperare calore dal terreno durante l'inverno e si serve della stabilità delle temperature del sottosuolo anche per il periodo estivo.

Il servizio di acqua calda sanitaria serve il bar, i bagni e gli spogliatoi. In questi ultimi sono presenti docce dotate di un sistema di recupero del calore tramite uno scambiatore termico avente un'efficienza media annuale di 0,3.

Inoltre, al sottosistema di generazione è associato un serbatoio di accumulo di circa 3 000 L che permette di ridurre i cicli di accensione e spegnimento del generatore, aumentando così sensibilmente l'efficienza dell'impianto.

Per quanto riguarda i sottosistemi di utilizzazione, nell'edificio sociale e negli edifici adibiti a spogliatoi vengono adottati terminali di emissione a pannelli radianti annegati a pavimento, un sistema ad elevata inerzia termica che lavorando a basse temperature è capace di ridurre il carico termico del generatore.

Il sottosistema di distribuzione è costituito da tubazioni che risultano ben isolate e con spessore conforme al **DPR 412/93**.

Il sottosistema di regolazione è invece di tipo PID (proporzionale integro/derivativa) ed ha comportamento integrale ovvero che l'azione integrale agisce sull'attuatore con velocità proporzionale all'entità dello scostamento della grandezza, considerando i valori passati. Questa tipologia di regolazione sarà utilizzata anche per gli impianti che verranno descritti in seguito.

Si riassumono le principali caratteristiche dell'impianto installato a servizio dell'edificio sociale e dell'edificio adibito a spogliatoio calcio, tennis e padel:

- Nome: Commotherm 15 SW
- Sistema di generazione: Pompa di calore geotermica idronica terra-acqua a compressione di vapore;
- Combustibile: Energia elettrica;
- Sistema di produzione: Combinato (Riscaldamento + Acqua calda sanitaria)
- Funzionamento: Modulante
- Potenza nominale (Pn): 15 kW
- Coefficiente di prestazione medio (COP): 4,8
- Sonda: Orizzontale standard a circuito chiuso
- Sistema di emissione: Pannelli radianti annegati a pavimento
- Sistema di regolazione: PID.
- Sistema di distribuzione: A collettori con tubazioni a pavimento

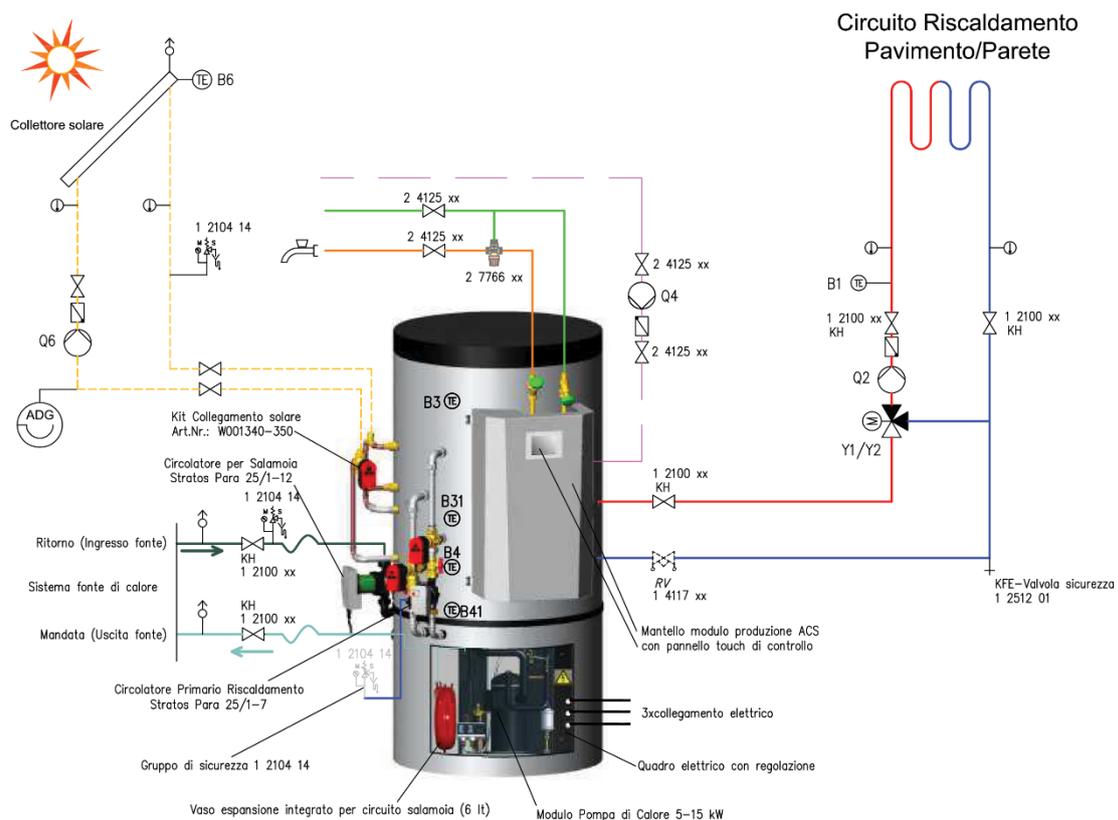


Fig.27 - Schema di connessione dell'impianto di riscaldamento con la presenza di un possibile pannello solare termico
 Fonte: <https://www.settesoli.ch/centrale-energetica-herz-acqua-acqua-44.html>

Il valore di efficienza COP “*coefficient of performance*” e della Potenza è relativo al valore medio poiché varia in funzione della temperatura della sorgente esterna e della temperatura del fluido termovettore a cui lavorano i terminali di emissione.

Nella figura seguente si riportano i valori di COP come richiesto dalla norma UNI TS 11300-4, misurati secondo DIN EN 14511 dall’azienda “HerzItalia” produttrice dell’impianto di generazione preso in esame.

| | | | | | | |
|------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| T pozzo freddo | °C | 35 | | | | |
| T pozzo caldo | °C | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 |
| P riscaldamento | kW | 12,35 | 14,45 | 16,48 | 18,51 | 20,75 |
| P elettrica | kW | 3,04 | 3,04 | 3,02 | 3,07 | 2,95 |
| COP | | 4,06 | 4,75 | 5,45 | 6,24 | 7,03 |
| T pozzo freddo | °C | 45 | | | | |
| T pozzo caldo | °C | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 |
| P riscaldamento | kW | 11,60 | 13,54 | 15,63 | 17,76 | 19,75 |
| P elettrica | kW | 3,76 | 3,69 | 3,68 | 3,76 | 3,75 |
| COP | | 3,08 | 3,67 | 4,24 | 4,73 | 5,40 |
| T pozzo freddo | °C | 55 | | | | |
| T pozzo caldo | °C | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 |
| P riscaldamento | kW | 10,25 | 12,67 | 15,10 | 17,34 | 18,80 |
| P elettrica | kW | 4,37 | 4,39 | 4,41 | 4,41 | 4,68 |
| COP | | 2,35 | 2,88 | 3,42 | 3,87 | 4,02 |

Fig. 28 – Scheda tecnica dell’impianto a Pompa di Calore geotermica
Fonte: <https://www.settesoli.ch/centrale-energetica-herz-acqua-acqua-44.html>

Nell’edificio che copre i campi da padel si ha un sistema di generazione a pompa di calore diretta ad aria con terminali di emissioni a bocchette e diffusori, e sottosistema di regolazione di tipo PID (proporzionale integro/derivativa).

Si riassumono le principali caratteristiche dell'impianto installato a servizio dell'edificio che copre i campi da padel:

- Nome: Mitsubishi Electric - PUMY-P125YKM2
- Sistema di generazione: Pompa di calore diretta aria-aria a compressione di vapore;
- Combustibile: Energia elettrica;
- Sistema di produzione: Riscaldamento
- Funzionamento: Modulante
- Potenza nominale (Pn): 16 kW
- Coefficiente di prestazione medio (COP): 4,27
- Sistema di emissione: Bocchette e diffusori ad aria calda
- Sistema di regolazione: PID.

SPECIFICHE TECNICHE

| MODELLO | | | | Set | PUMY-P112VKM2 | PUMY-P112YKM2 | PUMY-P125VKM2 |
|---------------------------------|--|-----------|---------|------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | N. unità interne | DA 2 a 8 | DA 2 a 8 | DA 2 a 8 |
| | | | | Unità esterna | PUMY-P112VKM2 | PUMY-P112YKM2 | PUMY-P125VKM2 |
| Alimentazione | Tensione/Freq./Fasi | | V/Hz/n° | 230/50/1 | 400/50/3 | 230/50/1 | |
| Raffreddamento | Capacità | nominale | kW | 12,5 | 12,5 | 14,0 | |
| | | min/max | kW | - | - | - | |
| | Potenza Assorbita | nominale | kW | 2,79 | 2,79 | 3,46 | |
| | EER | | | 4,48 | 4,48 | 4,05 | |
| | Consumo annuo | | kWh | 1395 | 1395 | 1730 | |
| | Pressione sonora unità esterna | nom/bassa | dB(A) | 51/49 | 51/49 | 52/50 | |
| Riscaldamento | Capacità | nominale | kW | 14,0 | 14,0 | 16,0 | |
| | | min/max | kW | - | - | - | |
| | Potenza Assorbita | nominale | kW | 3,04 | 3,04 | 3,74 | |
| | COP | | | 4,61 | 4,61 | 4,28 | |
| | Pressione sonora unità esterna | nom/bassa | dB(A) | 51/49 | 51/49 | 52/50 | |
| Magnetotermico consigliato | | | A | 32 | 16 | 32 | |
| Unità esterna | Dimensioni | AxLxP | mm | 1338x1050x330 | 1338x1050x330 | 1338x1050x330 | |
| | Peso | | Kg | 123 | 125 | 123 | |
| Linee frigorifere | Diametri attacchi | Liquido | mm | 9,52 | 9,52 | 9,52 | |
| | | Gas | mm | 15,88 | 15,88 | 15,88 | |
| | Lunghezza max (totale/ogni ramo) | | m | 150/80 | 150/80 | 150/80 | |
| | Dislivello max (UI sopra UE / UI sotto UE) | | m | 50/40 | 50/40 | 50/40 | |
| Refrigerante | Tipo | | | R410A | R410A | R410A | |
| | Quantità | | kg | 4,8 | 4,8 | 4,8 | |
| Campo di funz. garantito | Raffreddamento | min/max | °C | -5 ~ 46 | -5 ~ 46 | -5 ~ 46 | |
| | Riscaldamento | min/max | °C | -20 ~ 15 | -20 ~ 15 | -20 ~ 15 | |

Fig.29 - Scheda tecnica della Pompa di Calore ad aria utilizzata per il riscaldamento dei campi da Padel coperti
Fonte: <https://it.mitsubishielectric.com/it/products-solutions>

Nell'edificio che copre i campi da tennis si ha un sistema di generazione a pompa di calore diretta ad aria con terminali di emissioni a bocchette e diffusori, e sottosistema di regolazione di tipo PID (proporzionale integro/derivativa).

Si riassumono le principali caratteristiche dell'impianto installato a servizio dell'edificio che copre i campi da tennis:

- Nome: Mitsubishi Electric - PURY-P200YLM-A1
- Sistema di generazione: Pompa di calore diretta aria-aria a compressione di vapore;
- Combustibile: Energia elettrica;
- Sistema di produzione: Riscaldamento
- Funzionamento: Modulante
- Potenza nominale (Pn): 25 kW
- Coefficiente di prestazione medio (COP): 3,92
- Sistema di emissione: Bocchette e diffusori ad aria calda
- Sistema di regolazione: PID.

| MODELLO | Single | PURY-P200YLM-A1 |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| HP | | 8 |
| Alimentazione | Tens./Freq./Fasi | V/Hz/n° |
| Raffreddamento | | |
| Capacità nominale ¹ | kW | 22.4 |
| Potenza assorbita | kW | 5.29 |
| EER | | 4.23 |
| Campo operativo di temperatura | Interna BU | °C |
| | Esterna BS | °C |
| Riscaldamento | | |
| Capacità nominale ² | kW | 25.0 |
| Potenza assorbita | kW | 5.49 |
| COP | | 4.55 |
| Campo operativo di temperatura | Interna BS | °C |
| | Esterna BU | °C |
| Livello sonoro³ | | dB(A) |
| Unità int. collegabili | | |
| Modello/Quantità | | P15~P250/1~20 |
| Ø est. attacchi refr. | Liquido/Gas | 15.88/19.05 |
| Dimensioni esterne (AxLxP) | mm | 1710 x 920 x 740 |
| Peso netto | kg | 205 |
| Carica refrigerante R410A | kg | 9.5 |



Fig.30 - Scheda tecnica della Pompa di Calore ad aria utilizzata per il riscaldamento dei campi da Tennis coperti
Fonte: <https://it.mitsubishielectric.com/it/products-solutions>

Il fabbisogno di energia per l'illuminazione è definito con riferimento a quanto descritto nell'Appendice D della norma **UNI/TS 11300-2** e nella norma **UNI EN 15193** che calcola la potenza installata totale dell'illuminazione artificiale per ogni zona.

È prevista l'installazione di lampade a LED di valore inferiore o talvolta pari a 300 lux, con controllo dell'illuminamento costante. Il sistema di controllo della luce artificiale è automatico con sensore di presenza, auto ON/variatore di luce.

4.7 Fabbisogno di energia termica utile e consumi Scenario 1 (BASE)

Al fine della determinazione del fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale viene studiato il comportamento del centro sportivo nella totalità delle sue strutture, edilizie e sportive, senza l'inserimento di impianti di produzione da FER, successivamente definito scenario 1 (BASE).

L'andamento del fabbisogno di energia termica utile ($Q_{H,nd}$) è calcolato nel solo periodo di riscaldamento, che per la città di Torino è compreso tra il 15 ottobre e il 15 aprile. Tale andamento è ottenuto mediante la seguente espressione:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_H (Q_{gn}) = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{Hgn} (Q_{int} + Q_{sol})$$

Fig.31 - Fabbisogno di energia termica per la climatizzazione invernale definita dalla norma UNI/TS 11300-1
Fonte: Cascio S., APE e certificazione energetica degli edifici, II edizione, Grafill, Maggio 2016

Essa considera l'energia termica complessiva data dalla somma dell'energia scambiata per trasmissione e ventilazione meno il fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica moltiplicato per gli apporti totali di energia termica dati a loro volta dalla somma degli apporti dovuti a sorgenti interne e l'energia dovuta agli apporti solari. Tale fabbisogno viene calcolato in riferimento all'edificio sociale.

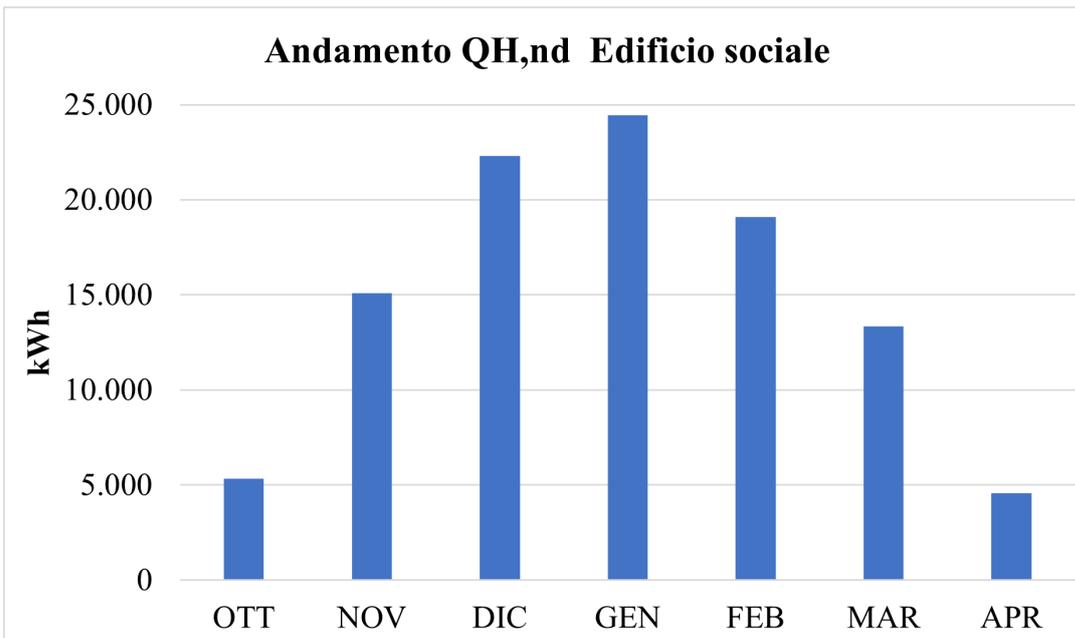


Fig.32 – Grafico sviluppato per osservare l’andamento del fabbisogno di energia termica dell’edificio sociale per il solo riscaldamento

Il fabbisogno viene calcolato in riferimento all’edificio che ospita lo spogliatoio Tennis e Padel.

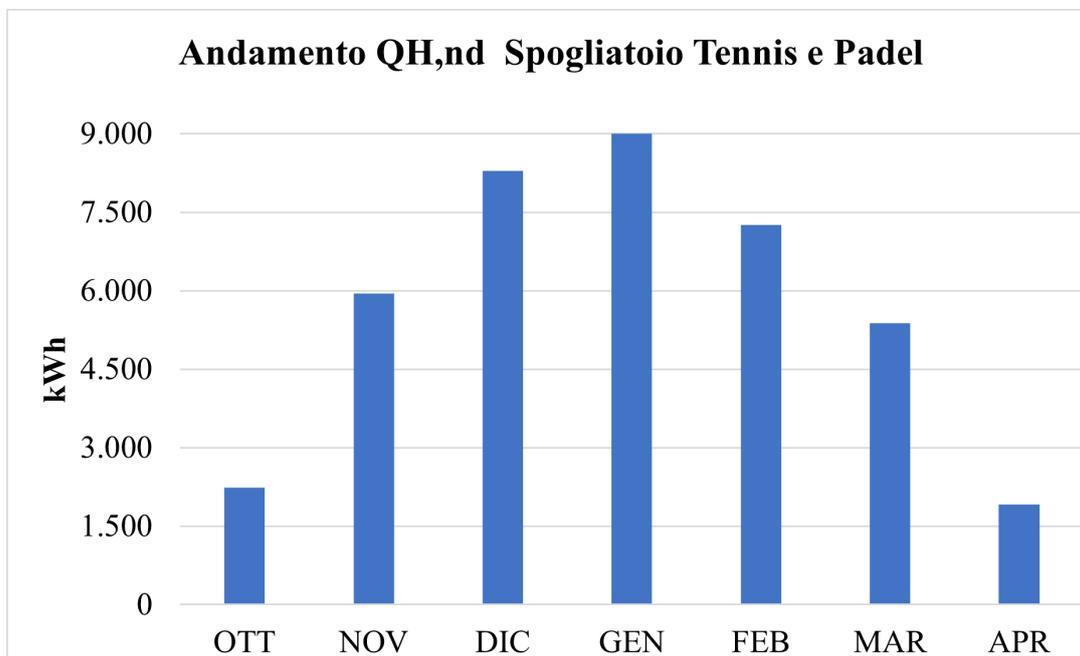


Fig.33 – Grafico sviluppato per osservare l’andamento del fabbisogno di energia termica dello spogliatoio tennis e padel per il solo riscaldamento

Il fabbisogno viene calcolato in riferimento all'edificio che ospita lo spogliatoio Calcio.

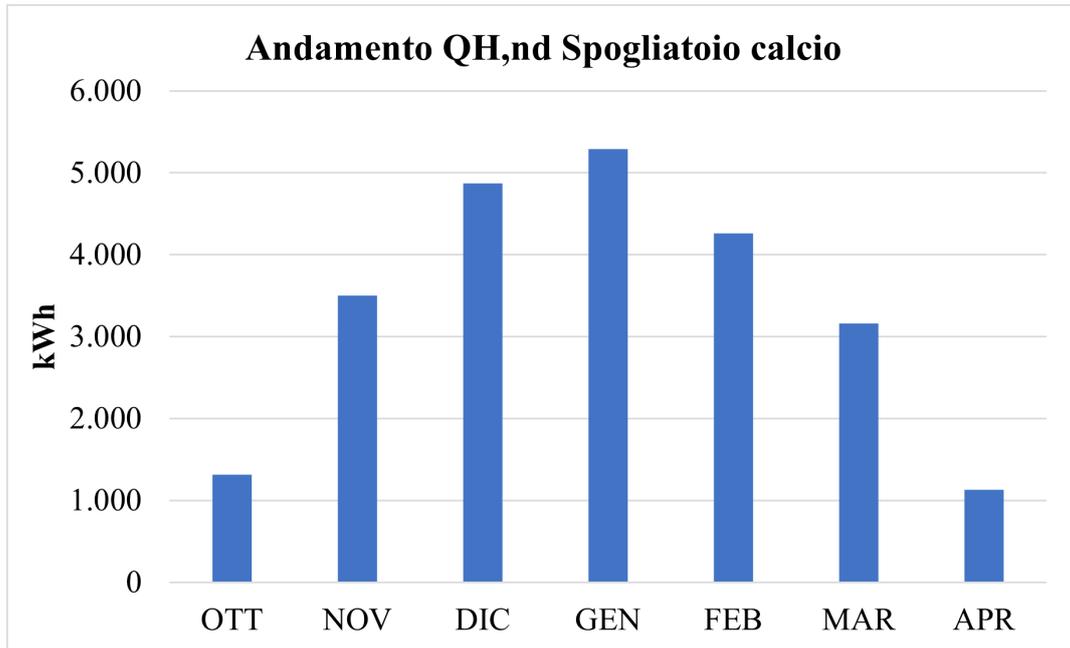


Fig.34 – Grafico sviluppato per osservare l'andamento del fabbisogno di energia termica dello spogliatoio calcio per il solo riscaldamento

Il fabbisogno viene calcolato in riferimento al volume lordo riscaldato di una coppia di campi da Padel coperti.

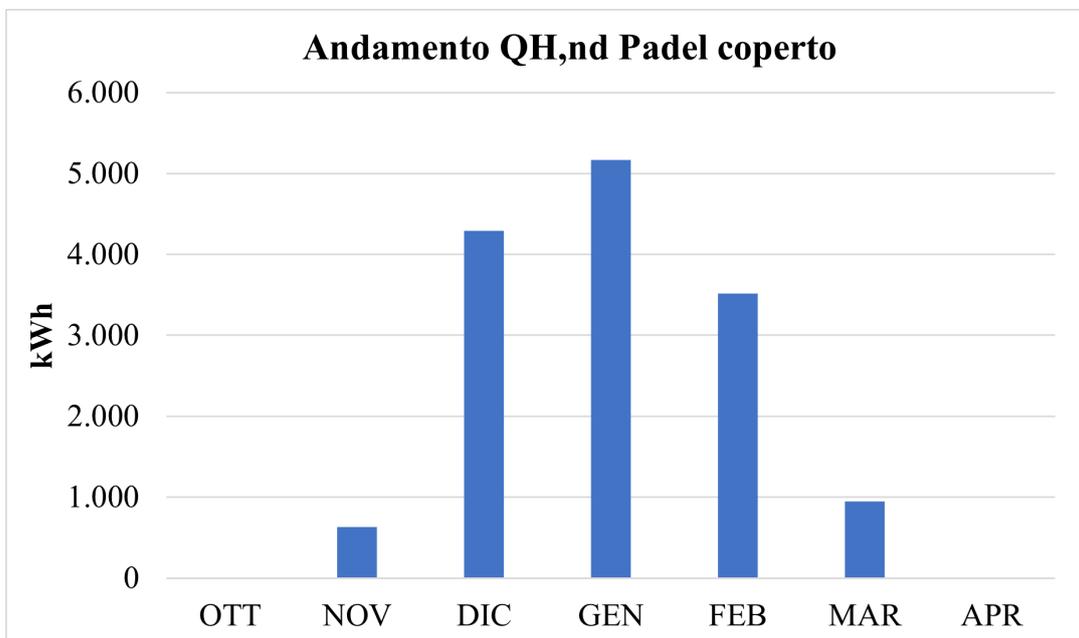


Fig.35 – Grafico sviluppato per osservare l'andamento del fabbisogno di energia termica di una coppia di campi da padel coperti per il solo riscaldamento

Il fabbisogno viene calcolato in riferimento al volume lordo riscaldato di un solo campo da Tennis coperto.

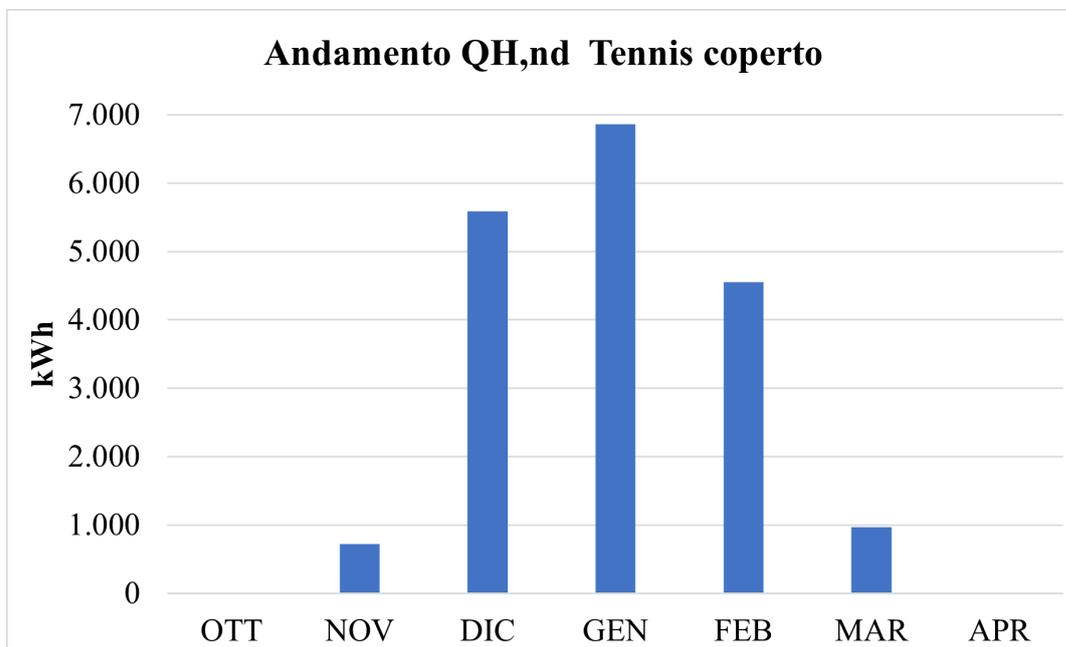


Fig.36 – Grafico sviluppato per osservare l’andamento del fabbisogno di energia termica di una coppia di campi da padel coperti per il solo riscaldamento

Come si evince, il fabbisogno viene calcolato in relazione ad ogni struttura edilizia al fine di osservare quali strutture necessitano di una quota maggiore di energia termica per il mantenimento delle condizioni di comfort ottimali all’interno dei locali.

Nello Scenario 1 (BASE) il centro sportivo polivalente realizzato nella sua totalità risulta senza l’impianto di ventilazione meccanica controllata quindi dotato della sola ventilazione naturale, su cui sono attivi i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

In questo scenario non vengono installati impianti di produzione da FER per osservare attentamente l’andamento dei consumi effettivi del centro e per un corretto dimensionamento degli impianti di riscaldamento.

Tramite l’ausilio di un software dedicato alla certificazione energetica degli edifici (Termolog) è stato possibile visualizzare tutti i dati relativi ai consumi dei singoli impianti o dei singoli servizi oggetto di analisi.

In particolare, vengono affiancati i consumi totali (generatori + ausiliari) presenti in tutto il centro sportivo per ogni mese, suddivisi per il servizio di riscaldamento, di acqua calda sanitaria e di illuminazione artificiale. Quest'ultimo si presenta in forma dominante rispetto agli altri due servizi poiché riguarda non solo l'illuminazione interna ai locali ma valuta anche il fabbisogno di illuminazione esterna del centro sportivo.

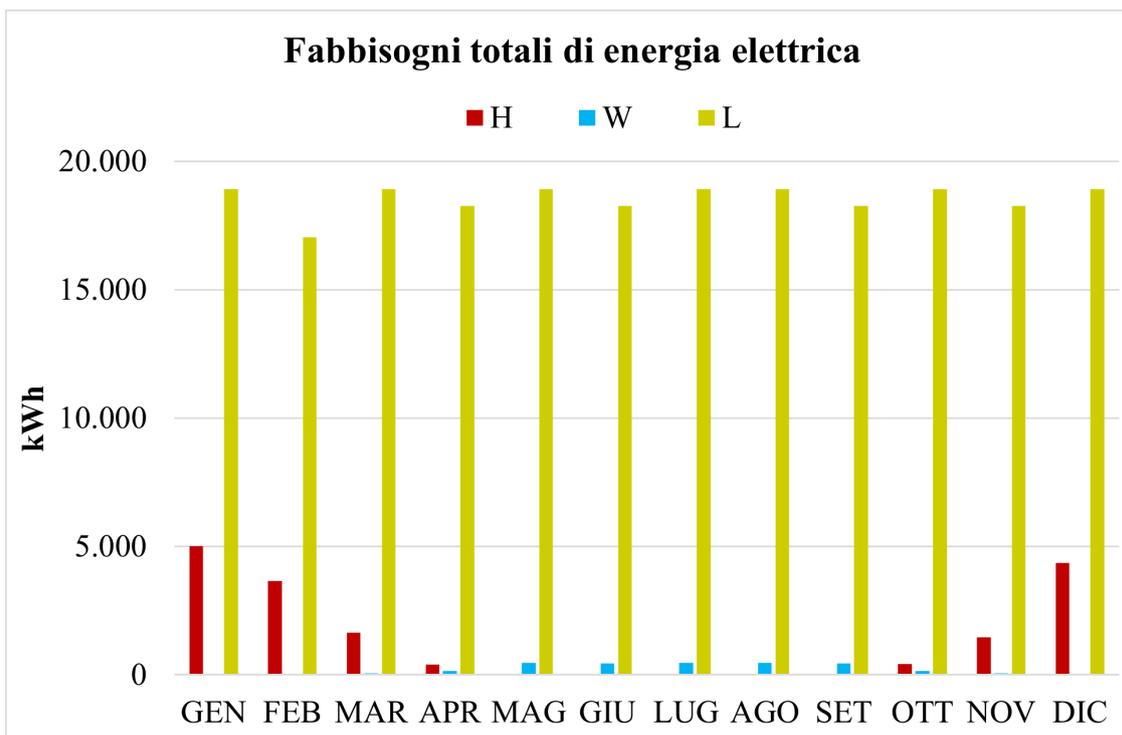


Fig. 37 - Grafico sviluppato sui fabbisogni totali di energia elettrica suddivisi per tipologia di servizio offerto

È stato poi necessario indagare la producibilità totale di tutti gli impianti adibiti al solo servizio di acqua calda sanitaria e riscaldamento.

A tal proposito viene considerata sia la pompa di calore combinata capace di offrire il servizio di riscaldamento e acqua calda sanitaria all'edificio sociale e all'edificio spogliatoi, sia le due pompe di calore ad aria che offrono solo il servizio di riscaldamento alle strutture e che coprono rispettivamente i campi da tennis e i campi da padel.

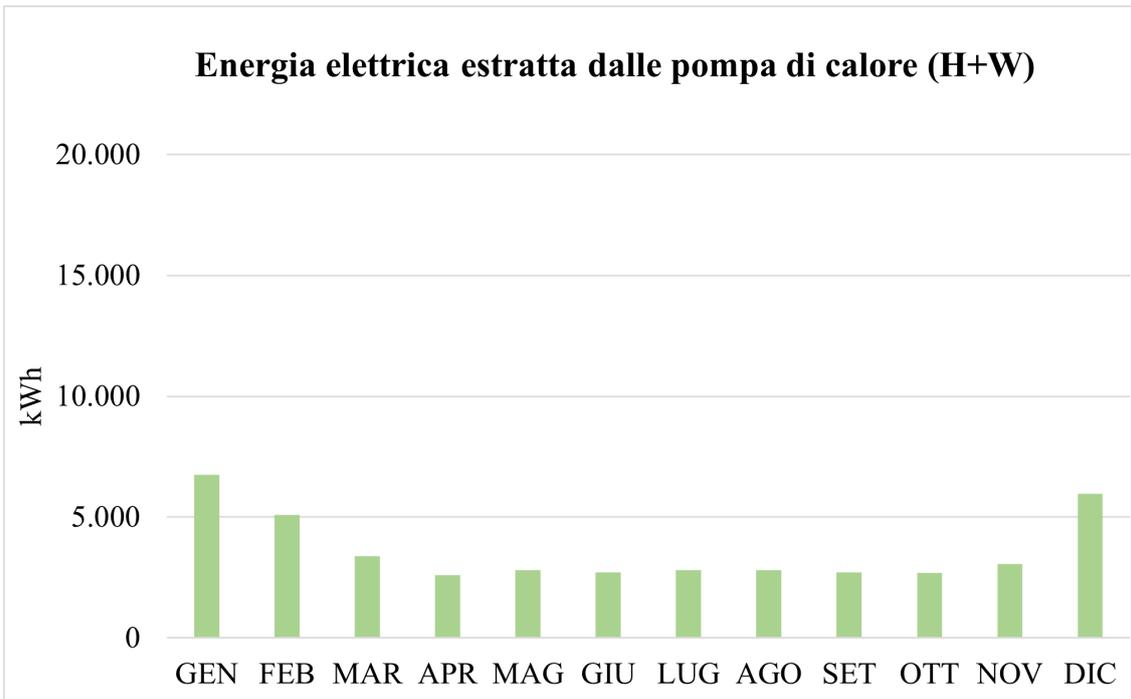


Fig. 38 - Grafico sviluppato sulla quota di energia elettrica estratta dalla pompa di calore per il servizio di riscaldamento e ACS

Successivamente si è richiamata l'attenzione sulla quota di energia fornita agli edifici ossia il fabbisogno in ingresso ai tre diversi generatori a cui ognuno è collegato.

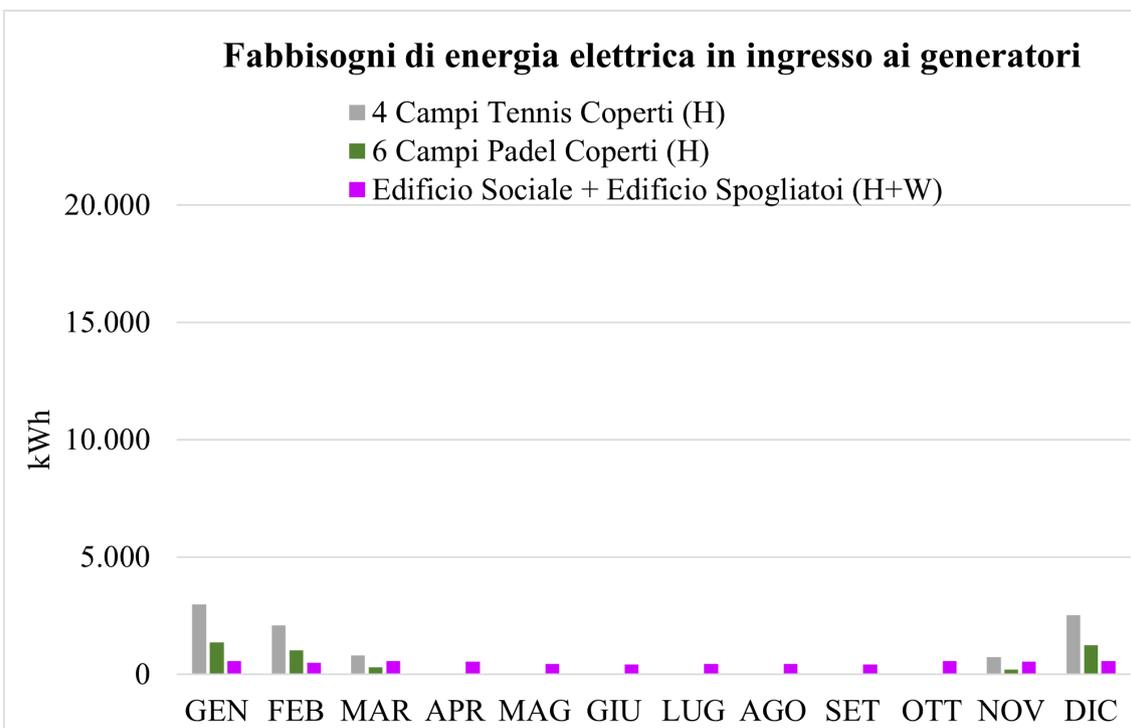


Fig. 39 - Grafico sviluppato sulla quota di energia elettrica fornita agli edifici ovvero l'energia in ingresso ai singoli generatori

Dal grafico si osserva come l'edificio che necessita di una quota maggiore di energia sia proprio l'edificio che copre i campi da tennis dovuto al fatto che esso ha una volumetria riscaldata nettamente superiore agli altri edifici.

Il grafico riporta il consumo di energia elettrica durante tutti i mesi dell'anno. Si tratta di valori massimi, poiché si considera un utilizzo a pieno carico di tutte le strutture prese in esame.

In definitiva si confronta, per ogni mese dell'anno, il consumo di energia elettrica prelevata dalla rete per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

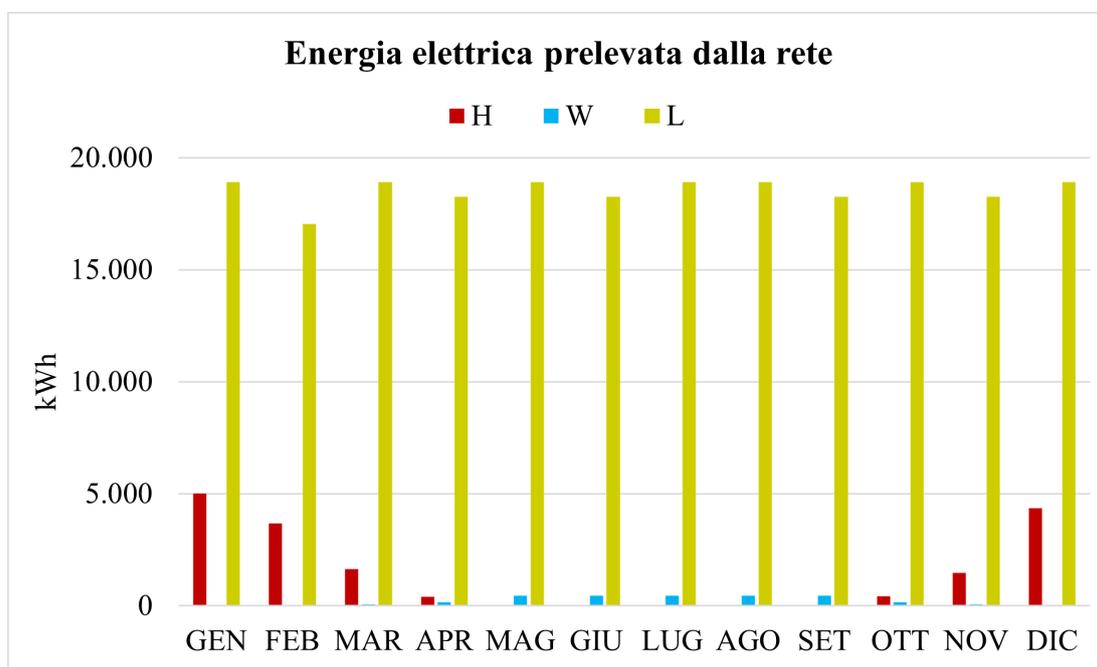


Fig.40 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica prelevata dalla rete in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

Da questo si può notare come nei mesi freddi si ha un maggiore utilizzo della pompa di calore per il servizio di riscaldamento degli ambienti, utilizzo che si azzerà nei mesi caldi.

Il centro sportivo nella sua interezza viene classificato secondo la **Normativa Nazionale: L.90/2013** e aggiornata con il **D.M. Requisiti Minimi** del 26/06/2015 in vigore da 01/10/2015 e che definisce le linee guida nazionali per la certificazione energetica [15].

Si raggiunge in questo scenario e per l'intero centro sportivo la classe **A2**, con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 107,74 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 99,55 kWh/m²/anno**.

Per i singoli edifici si arriva alle seguenti classi di livello energetico:

- **A4** per l'edificio sociale con **EPgl,nren = 86,35 kWh/m²/anno**;
- **A4** per l'edificio spogliatoi con **EPgl,nren = 124,56 kWh/m²/anno**;
- **A1** per l'edificio a copertura dei campi da padel con **EPgl,nren = 101,12 kWh/m²/anno**;
- **A1** per l'edificio a copertura dei campi da tennis con **EPgl,nren = 100,74 kWh/m²/anno**;

4.8 Impianti di produzione da fonte energetica rinnovabile solare

Gli impianti di produzione da fonte energetica rinnovabile (FER), installati nelle coperture degli edifici, utilizzano unicamente la fonte energetica di origine solare.

Per la valutazione del corretto posizionamento nelle coperture è stato necessario calcolare l'altezza del sole e quindi l'inclinazione dei raggi solari, impattanti sulla superficie della copertura, rispetto al piano orizzontale.

Al fine di evitare che le coperture siano interessate da ombreggiamenti e che non si ottenga un valore di produzione atteso si è proceduto a calcolare l'ombra impattante sulla falda dello shed successivo.

La variazione dell'altezza del sole, che varia quotidianamente in ogni giorno dell'anno, è chiamata declinazione solare ed è misurata in gradi. Nello specifico si raggiunge il valore minimo della declinazione solare nel giorno del solstizio d'inverno, risultante ad un valore pari a **d = - 23° 27'**.

Per il calcolo dell'altezza del sole a mezzogiorno svolto per il centro sportivo polivalente nel giorno del solstizio d'inverno si applica la seguente relazione [16]:

Altezza del Sole nel solstizio d'inverno = 90° - latitudine del centro sportivo - declinazione nel solstizio d'inverno = 90° - 45° 10' - 23° 27' = **21° 63'**

Per il calcolo dell'ombreggiamento massimo che si avrebbe sulla falda, nel giorno in cui i raggi sono più bassi (solstizio d'inverno), viene utilizzato il valore ottenuto tramite la relazione precedente; perciò, si hanno dei raggi impattanti sulle coperture con un'inclinazione di $21^{\circ} 63'$.

Tramite l'utilizzo di un software di disegno digitale è poi stato inserito questo valore al fine di valutare possibili zone d'ombra sulla superficie dei pannelli solari termici e fotovoltaici che andrebbero a ridurre la producibilità degli impianti di produzione da FER solare.

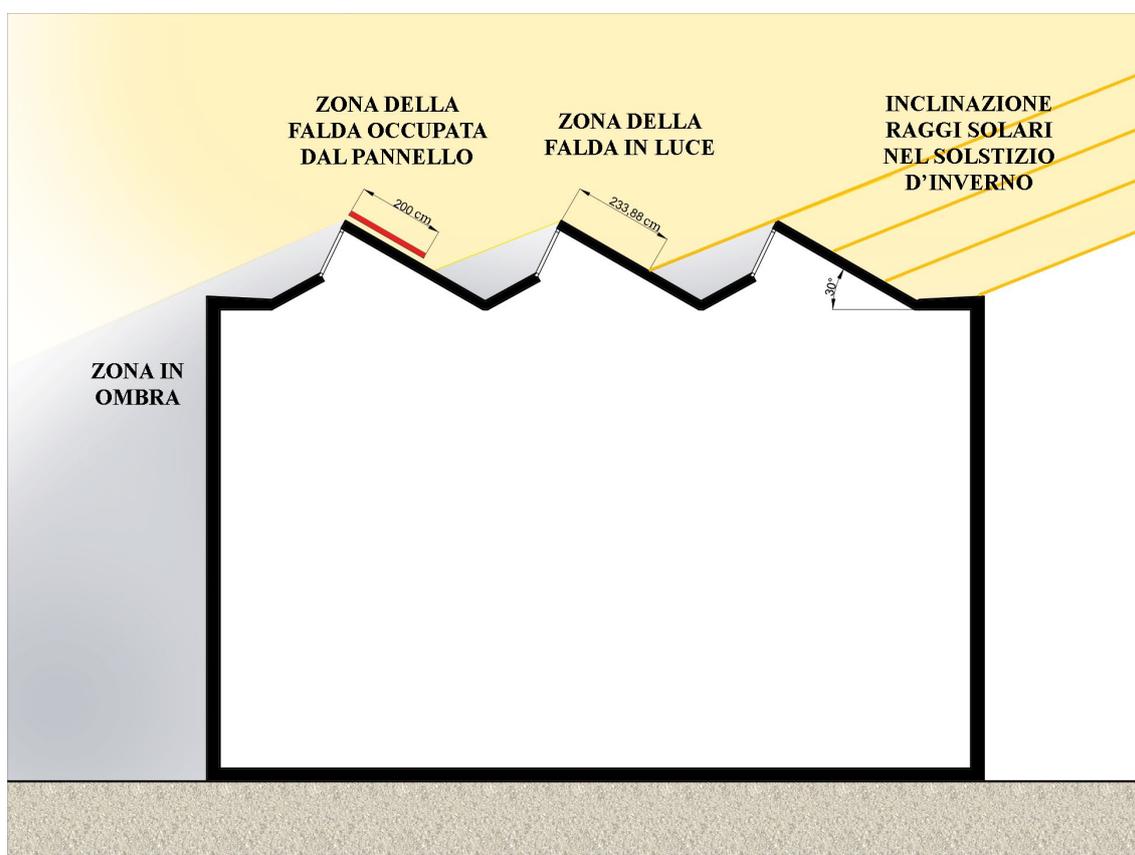


Fig.41 – Rappresentazione grafica realizzata a dimostrazione del fatto che nel giorno dell'anno in cui i raggi sono più bassi e quindi produrrebbero un'ombra maggiore, questa non interessa la superficie occupata dal pannello.

Come si evince dal disegno precedente viene dimostrato che nel giorno dell'anno in cui i raggi sono più bassi, le ombre che si presentano in forma più estesa non vanno in alcun modo a raggiungere lo spazio adibito al posizionamento degli impianti da FER solare.

Tale accorgimento si è reso necessario al fine di creare le condizioni ottimali per una massima producibilità degli impianti di produzione da fonte energetica rinnovabile.

Gli impianti di produzione da FER solare installati sono di due tipologie ed hanno le caratteristiche riportate di seguito.

- IMPIANTO SOLARE TERMICO

Marca: ARISTON THERMO GROUP

Tipologia: Collettore a tubi sottovuoto con assorbitore piano

Modello: Kairos CN 2.0

Area lorda: 2,010 m²

Area netta: 1,930 m²

Esposizione: SUD

Inclinazione 30°

KAIROS CF 2.0-1



- / Assorbitore in alluminio blu selettivo ad arpa
- / Vetro ad alta trasparenza
- / Saldatura laser
- / Struttura scatolata in alluminio
- / Attacchi idraulici rapidi
- / Installazione verticale a terra, a tetto inclinato e ad incasso

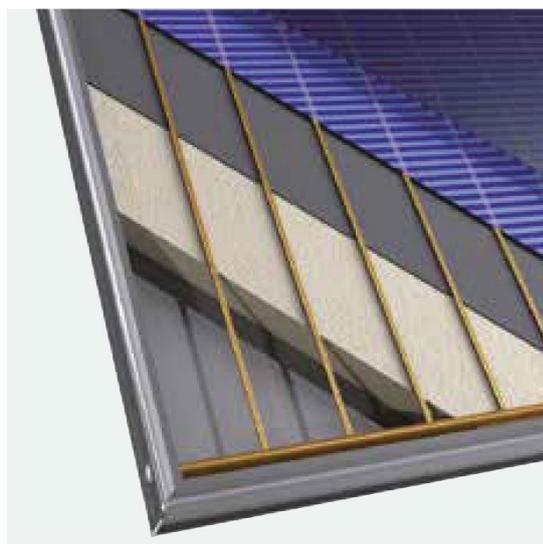


Fig. 42 - Pannello solare termico adottato

Fonte: <https://www.ariston.com/it-it/prodotti/solare-termico/pannelli-solari/kairos-cf-2-0-1>

- IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO

Marca: LG ELECTRONICS

Tipologia: Silicio monocristallino

Modello: NeON 2 BiFacial

Area lorda: 1,960 m²

Area netta: 1,880 m²

Esposizione: SUD

Inclinazione 30°

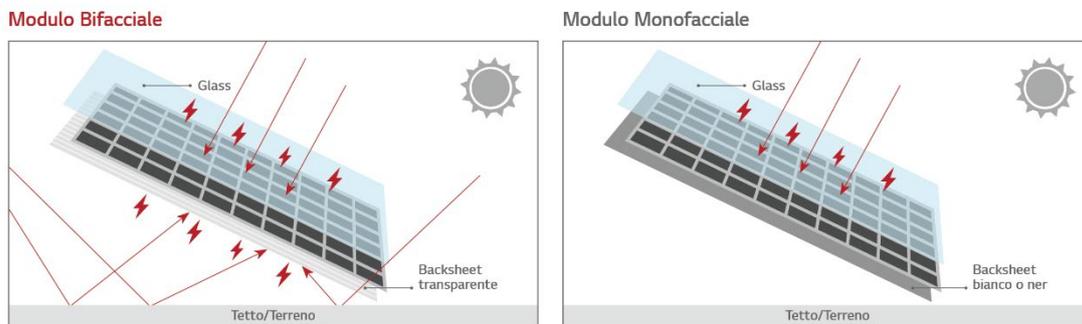


Fig. 43 - Immagine di confronto tra la tecnologia del modulo fotovoltaico bifacciale e monofacciale

Fonte: <https://www.lg.com/it/neon-h-bifacial>

CARATTERISTICHE PRINCIPALI



25 anni di garanzia prodotto

Oltre all'estensione di garanzia sulle prestazioni, LG ha esteso la garanzia prodotto sui moduli bifacciali LG NeON[®] 2 BiFacial a ben 25 anni.



Migliori prestazioni nelle giornate di sole

Oggi LG NeON[®] 2 BiFacial assicura un rendimento migliore al sole grazie all'ottimizzazione dei coefficienti di temperatura.



Elevata Potenza in Uscita

LG NeON[®] 2 BiFacial è stato progettato utilizzando la nuova tecnologia CELLO di LG. L'efficienza della cella nella parte posteriore è leggermente minore paragonata alla parte frontale.



Producibilità maggiorata con il bifacciale

Si può produrre u 30% di energia in più, in condizioni ottimali, rispetto moduli con tecnologia tradizionale.



Più potenza anche nelle giornate nuvolose

LG NeON[®] 2 BiFacial garantisce ottime prestazioni anche durante giornate nuvolose grazie alle ottime prestazioni al basso irraggiamento.



Quasi Zero (Light Induced Degradation)

LG NeON[®] 2 BiFacial utilizza celle di tipo N che non utilizzano Boro, principale causa del decadimento delle prestazioni nei moduli convenzionali.

Fig. 44 - Caratteristiche principali del pannello fotovoltaico adottato

Fonte: <https://www.lg.com/it/neon-h-bifacial>

4.9 Scenari di intervento

Per la valutazione delle tipologie di impianto da adottare per un corretto funzionamento del centro sportivo è stato studiato lo scenario descritto finora, denominato scenario 1 (BASE).

Gli scenari di intervento analizzati (cinque in totale), ad esclusione di quello base seguono l'andamento delle fasi di realizzazione. Vengono riassunti di seguito gli aspetti principalmente caratterizzanti di ogni scenario, cui seguirà trattazione specifica nei paragrafi successivi.

Scenario 1 (BASE): Centro sportivo polivalente completo, senza impianto di ventilazione meccanica controllata quindi con la sola ventilazione naturale, in cui sono attivi i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale. In questo scenario non vengono installati impianti di produzione da FER per osservare l'andamento dei consumi effettivi del centro.

In questo scenario per l'intero centro sportivo si raggiunge la classe **A2**, con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 107,74 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 99,55 kWh/m²/anno**.

Scenario 2: Centro sportivo polivalente realizzato alla fase 1 con la sola ventilazione naturale in cui sono attivi i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale, e in cui viene introdotta una minima quota di impianti di produzione da FER solare.

In questo scenario per l'intero centro sportivo si raggiunge la classe **A4** con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 78,81 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 29,65 kWh/m²/anno**.

Scenario 3: Centro sportivo polivalente realizzato alla fase 2 in cui vengono introdotti impianti di produzione da FER solare aggiuntivi rispetto allo scenario precedente, a

fronte di un fabbisogno energetico maggiore dovuto alla totale realizzazione, a completamento, delle strutture sportive.

In questo scenario per l'intero centro sportivo si raggiunge la classe **A3** con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 85,09 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 45,27 kWh/m²/anno**.

Scenario 4: Scenario 1 (BASE) con introduzione impianti di produzione da FER solare necessari al raggiungimento della copertura del fabbisogno energetico del centro sportivo.

In questo scenario per l'intero centro sportivo si raggiunge la classe **A4** con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 75,11 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 34,07 kWh/m²/anno**.

Scenario 5: Scenario 1 (BASE) + massima potenza installabile di impianti di produzione da FER solare. Scenario svolto nell'ottica di cessione della sovrapproduzione tramite la creazione di una possibile comunità energetica di quartiere.

In questo scenario per l'intero centro sportivo si raggiunge la classe **A4** con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 62,64 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 11,05 kWh/m²/anno**.

4.9.1 Scenario 2

Nello Scenario 2 il Centro sportivo polivalente realizzato alla fase 1 con la sola ventilazione naturale in cui sono attivi i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale, e in cui viene introdotta una minima quota di impianti di produzione da FER solare.

In un primo momento viene richiamata l'attenzione sui consumi totali (generatori + ausiliari) presenti in tutto il centro sportivo per ogni mese; essi sono suddivisi per il servizio di riscaldamento, di acqua calda sanitaria e di illuminazione artificiale. Quest'ultimo si presenta in forma dominante rispetto agli altri due servizi poiché

riguarda non solo l'illuminazione interna ai locali ma valuta anche il fabbisogno di

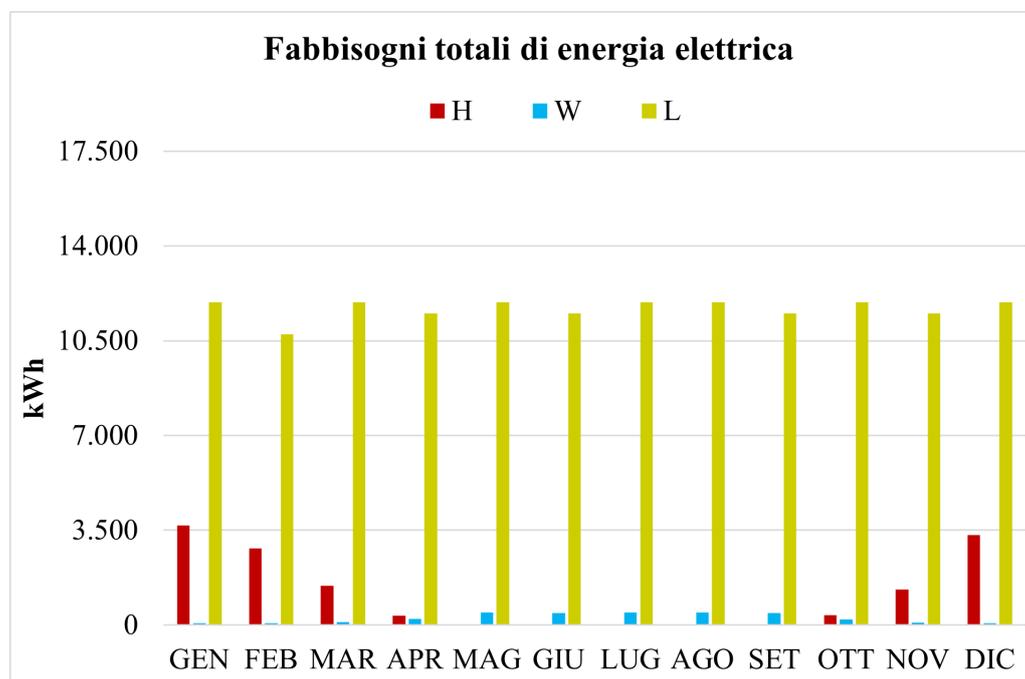


Fig.45 - Grafico sviluppato sui fabbisogni totali di energia elettrica suddivisi per tipologia di servizio offerto

illuminazione esterna del centro sportivo.

È stato poi necessario indagare la producibilità totale di tutti gli impianti adibiti al solo servizio di acqua calda sanitaria e riscaldamento.

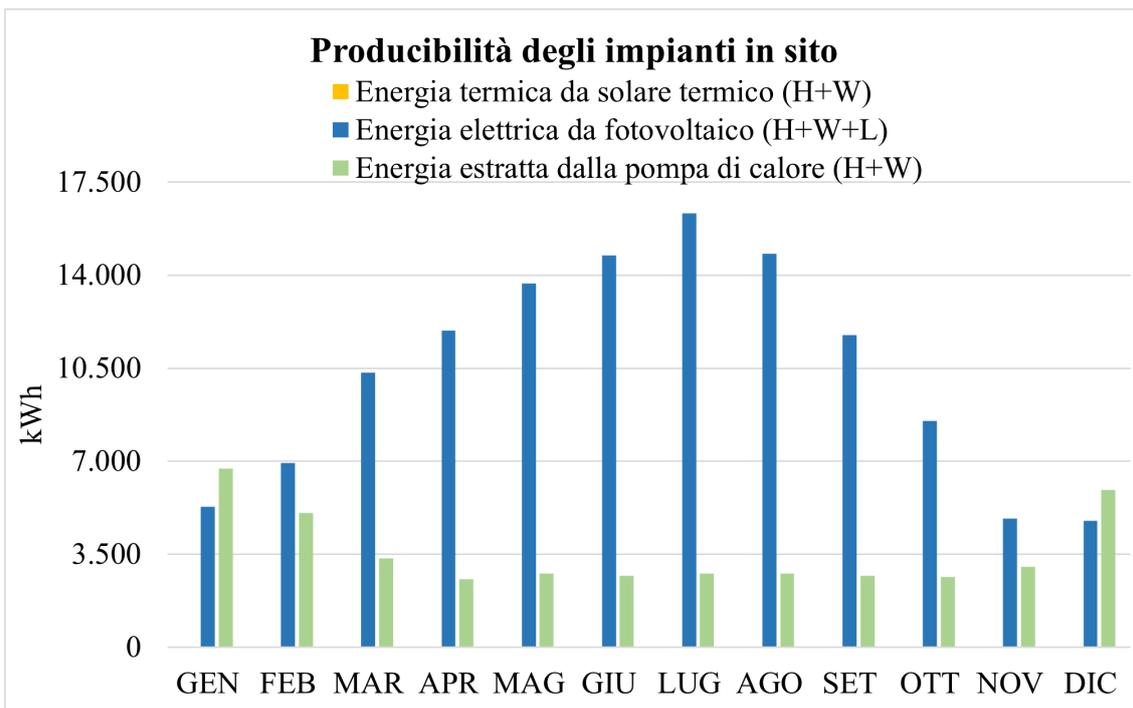
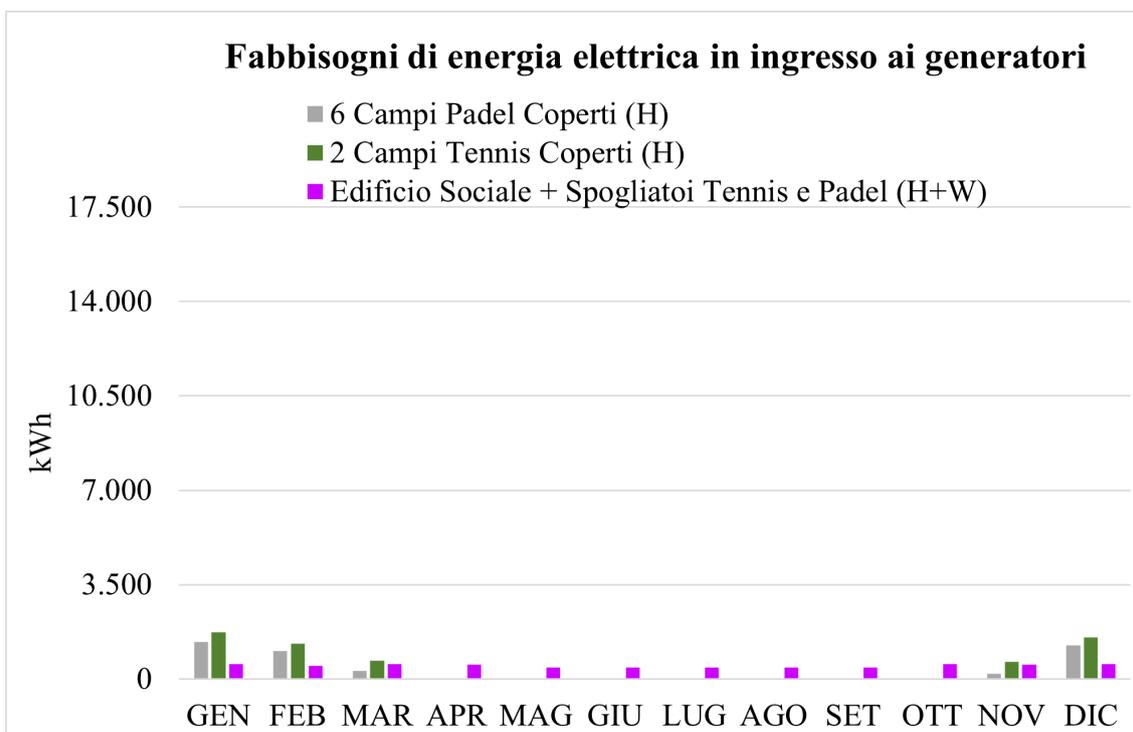


Fig. 46 - Grafico sviluppato sulla quota di producibilità totale degli impianti a fonte rinnovabile presenti nel centro sportivo

Successivamente si è richiamata l'attenzione sulla quota di energia fornita agli edifici ossia il fabbisogno in ingresso ai tre diversi generatori a cui ognuno è collegato.



In questo scenario viene introdotta una quota di impianti di produzione da FER solare (solo fotovoltaico) pari a:

- **Solare fotovoltaico** pari a **n°288 pannelli** in tutta la copertura dei campi da padel coperti per una superficie totale occupata di **576 m²** e una potenza totale installata di **118,08 kW** installati;

Viene rappresentato nella figura seguente l'impianto planimetrico con indicazione delle coperture che vengono utilizzate per il posizionamento degli impianti rinnovabili quantificati precedentemente.

Fig. 47 - Grafico sviluppato sulla quota di energia elettrica fornita agli edifici ovvero l'energia in ingresso ai singoli generatori

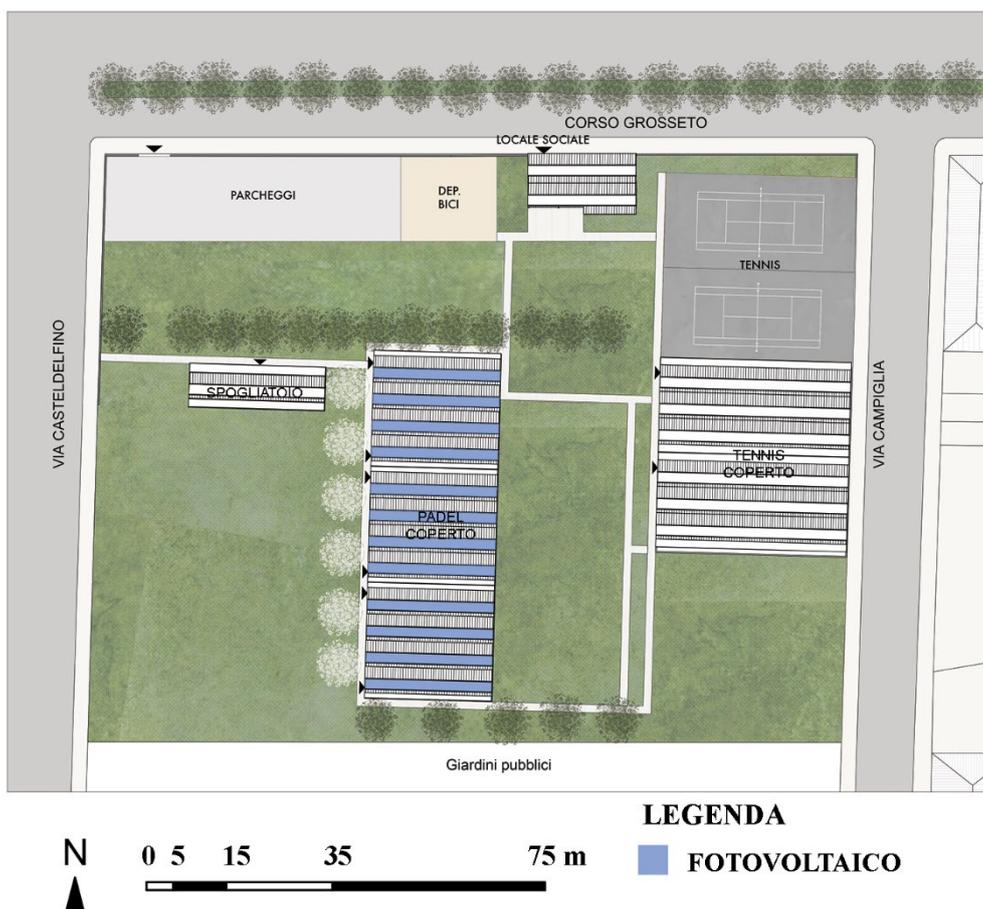


Fig.48 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica prelevata dalla rete in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

Viene poi confrontata, per ogni mese dell'anno, il consumo di energia elettrica prelevata dalla rete per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

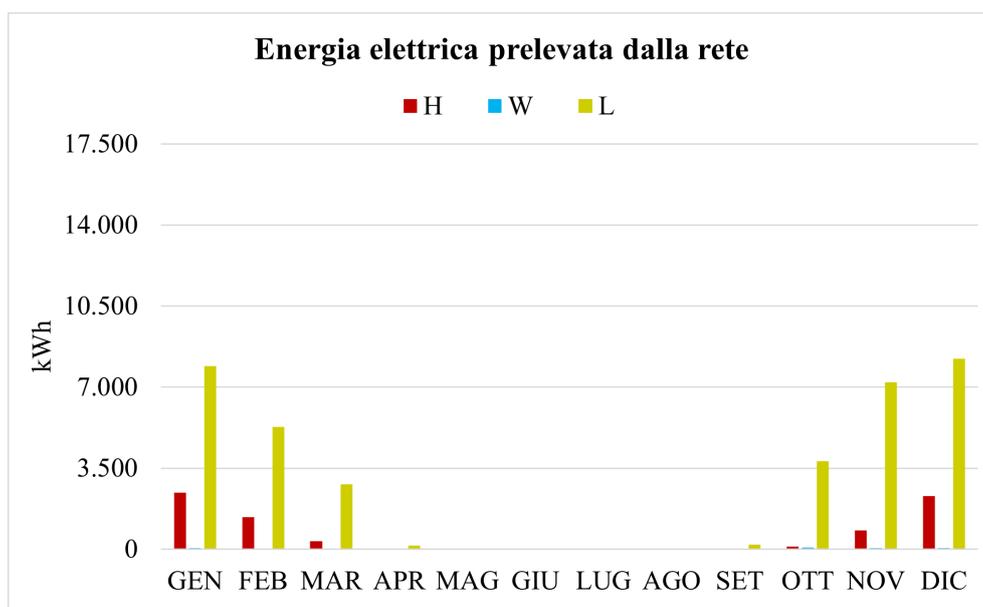


Fig. 49 - Rappresentazione planimetrica del centro sportivo con indicazione delle coperture occupate dagli impianti di produzione da FER

A partire da questo scenario si calcola anche la quota di energia elettrica prodotta e immediatamente utilizzata per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

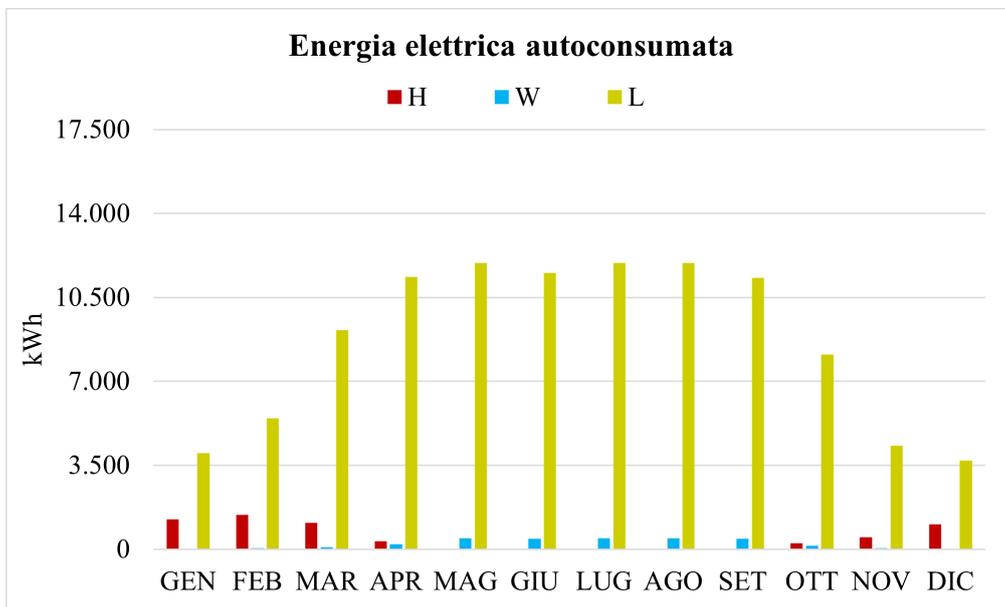


Fig.50 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica autoconsumata in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

In definitiva si calcola anche la quota di energia elettrica prodotta in eccesso per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

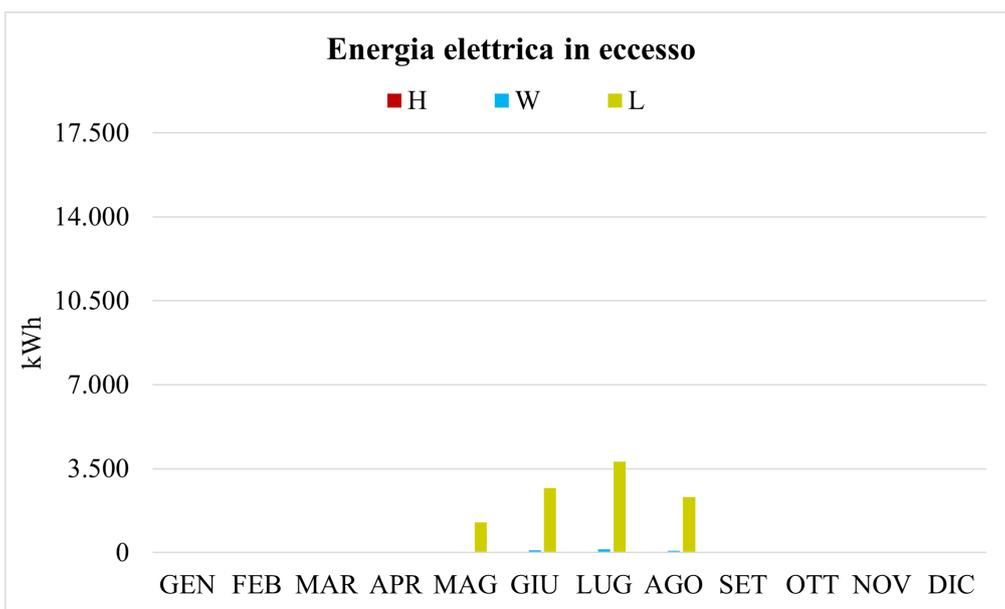


Fig.51 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica prodotta in eccesso in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

In questo scenario per l'intero centro sportivo si raggiunge la classe **A4** con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 78,81 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 29,65 kWh/m²/anno**.

Per i singoli edifici si arriva alle seguenti classi di livello energetico:

- **A4** per l'edificio sociale con **EPgl,nren = 54,44 kWh/m²/anno**;
- **A4** per l'edificio spogliatoi con **EPgl,nren = 50,34 kWh/m²/anno**;
- **A2** per l'edificio a copertura dei campi da padel con **EPgl,nren = 26,49 kWh/m²/anno**;
- **A2** per l'edificio a copertura dei campi da tennis con **EPgl,nren = 26,21 kWh/m²/anno**;

Nella tabella seguente si riporta la quota (%) di energia prima (EP) rinnovabile rispettivamente per i servizi di riscaldamento (H) acqua calda sanitaria (W) e illuminazione artificiale (L).

| SERVIZIO | QUOTA (%) EP RINNOVABILE |
|----------|--------------------------|
| H | 66 % |
| W | 97 % |
| L | 57 % |

4.9.2 Scenario 3

Nello Scenario 3 il Centro sportivo polivalente realizzato alla fase 2 in cui vengono introdotti impianti di produzione da FER solare aggiuntivi rispetto allo scenario precedente, a fronte di un fabbisogno energetico maggiore dovuto alla totale realizzazione, a completamento, delle strutture sportive.

In un primo momento viene richiamata l'attenzione sui consumi totali (generatori + ausiliari) presenti in tutto il centro sportivo per ogni mese; essi sono suddivisi per il servizio di riscaldamento, di acqua calda sanitaria e di illuminazione artificiale.

Quest'ultimo si presenta in forma dominante rispetto agli altri due servizi poiché riguarda non solo l'illuminazione interna ai locali ma valuta anche il fabbisogno di illuminazione esterna del centro sportivo.

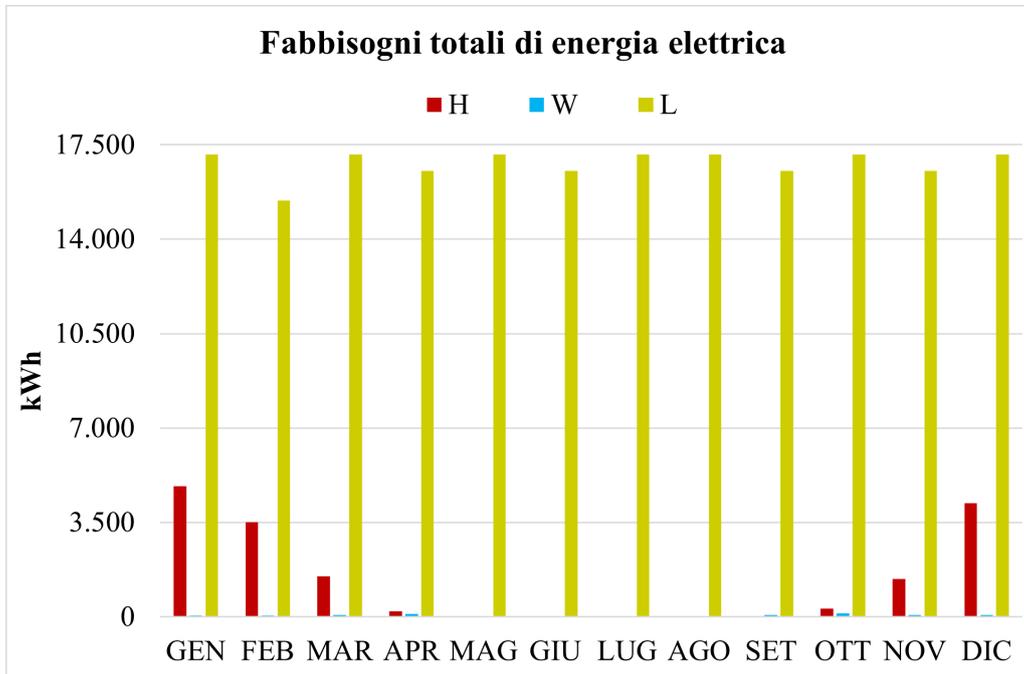


Fig.52 - Grafico sviluppato sui fabbisogni totali di energia elettrica suddivisi per tipologia di servizio offerto

È stato poi necessario indagare la producibilità totale di tutti gli impianti adibiti al solo servizio di acqua calda sanitaria e riscaldamento.

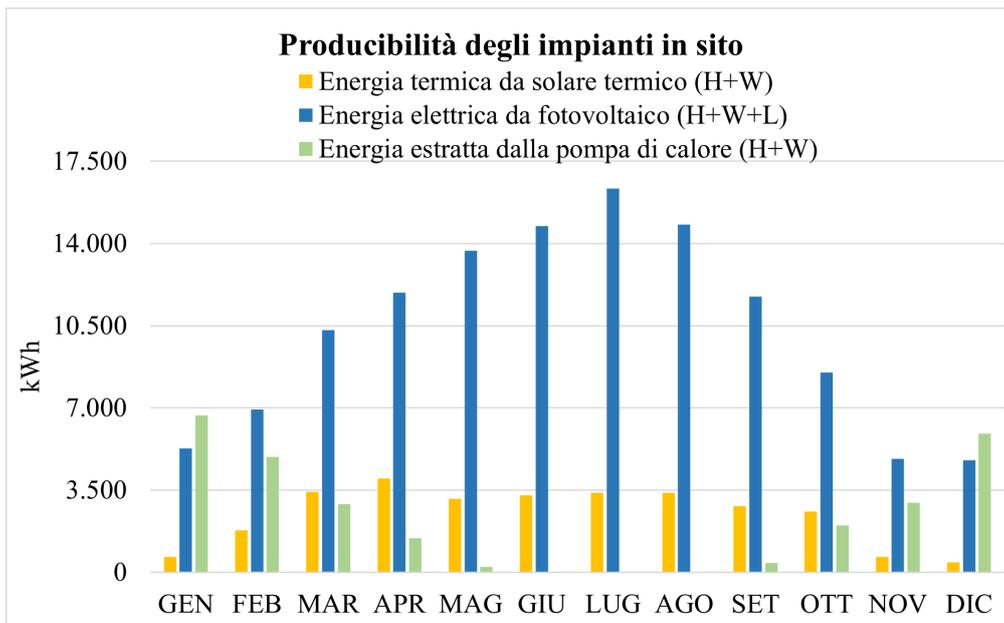


Fig. 53 - Grafico sviluppato sulla quota di producibilità totale degli impianti a fonte rinnovabile presenti nel centro sportivo

Successivamente si è richiamata l'attenzione sulla quota di energia fornita agli edifici ossia il fabbisogno in ingresso ai tre diversi generatori a cui ognuno è collegato.

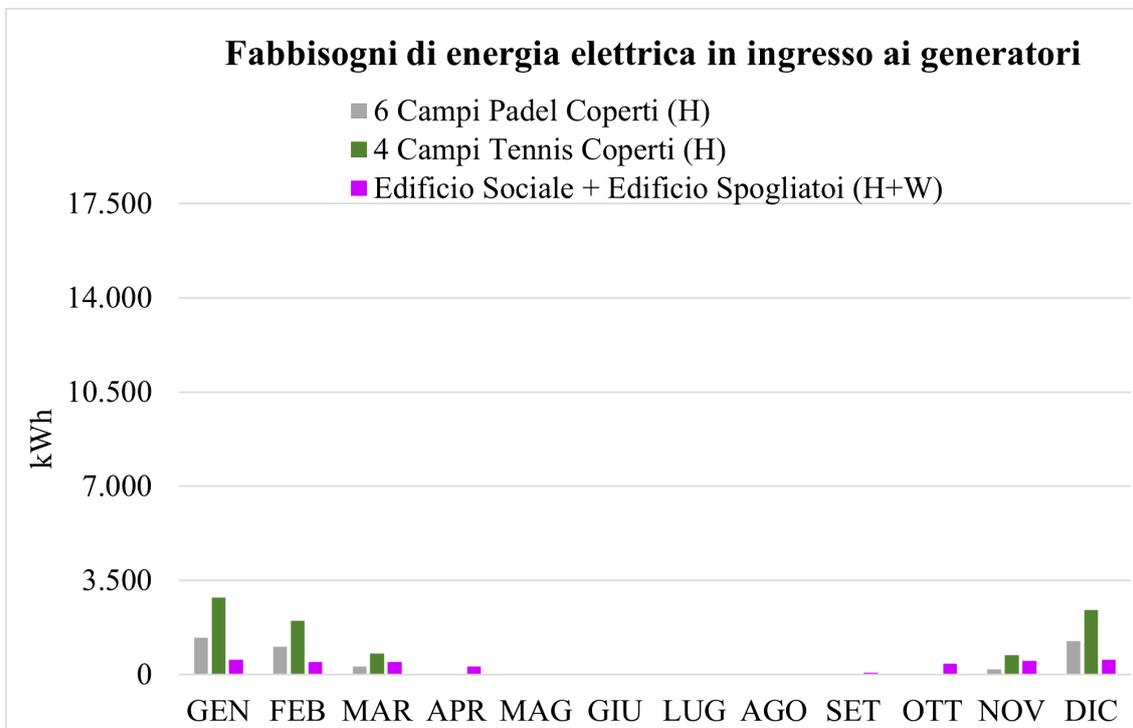


Fig. 54 - Grafico sviluppato sulla quota di energia elettrica fornita agli edifici ovvero l'energia in ingresso ai singoli generatori

In questo scenario viene introdotta una quota di impianti di produzione da FER solare (solo fotovoltaico) pari a:

- **Solare termico** pari a **n°40 pannelli** nella copertura dell'edificio sociale per una superficie totale occupata di **80 m²**;
- **Solare fotovoltaico** pari a **n°288 pannelli** in tutta la copertura dei campi da padel coperti per una superficie totale occupata di **576 m²** e una potenza totale installata di **118,08 kW** installati;

Viene rappresentato nella figura seguente l'impianto planimetrico con indicazione delle coperture che vengono utilizzate per il posizionamento degli impianti rinnovabili quantificati precedentemente.

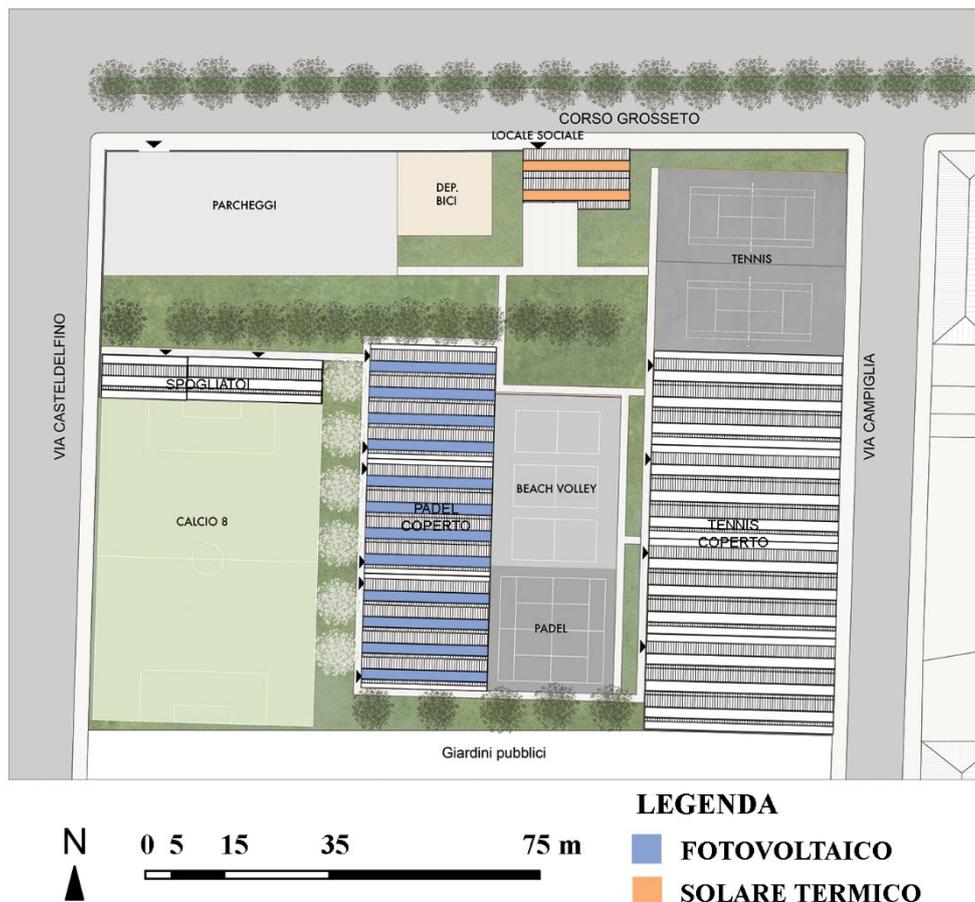


Fig.55 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica prelevata dalla rete in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

Viene poi confrontata, per ogni mese dell'anno, il consumo di energia elettrica prelevata dalla rete per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

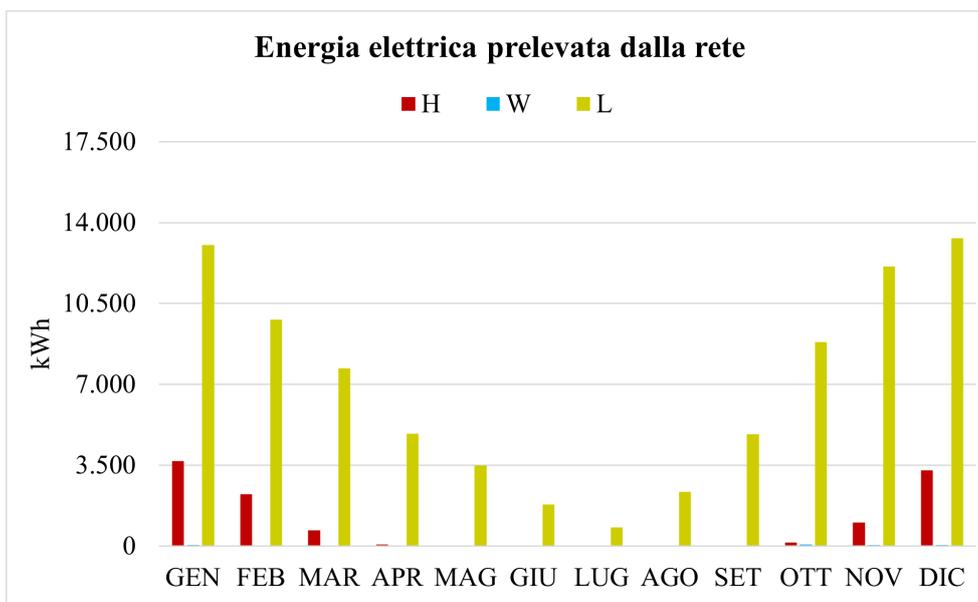


Fig. 56 - Rappresentazione planimetrica del centro sportivo con indicazione delle coperture occupate dagli impianti di produzione da FER

Viene calcolata anche la quota di energia elettrica prodotta e immediatamente utilizzata per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

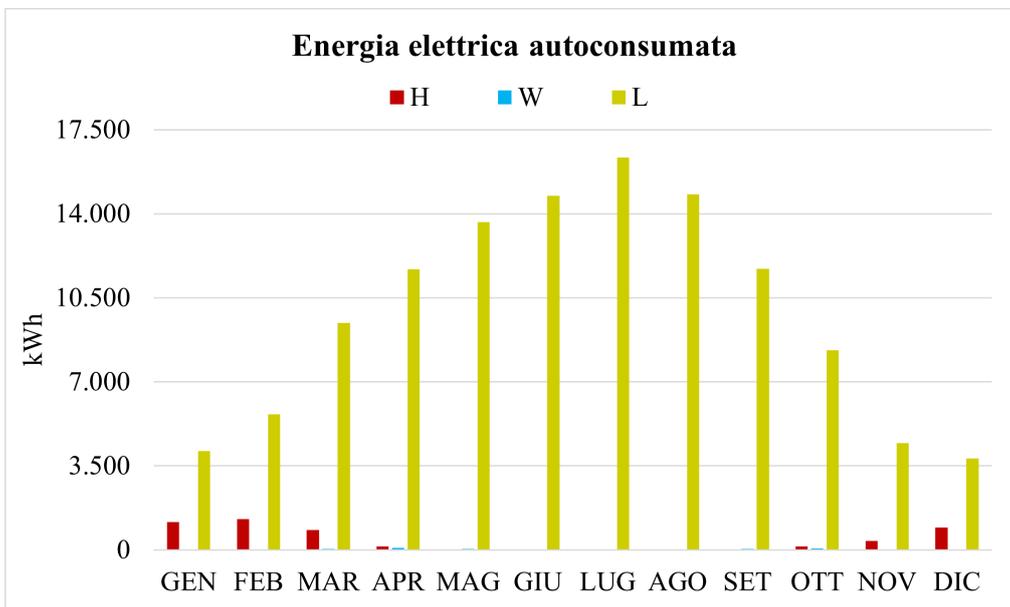


Fig.57 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica autoconsumata in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

In definitiva si calcola anche la quota di energia elettrica prodotta in eccesso per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

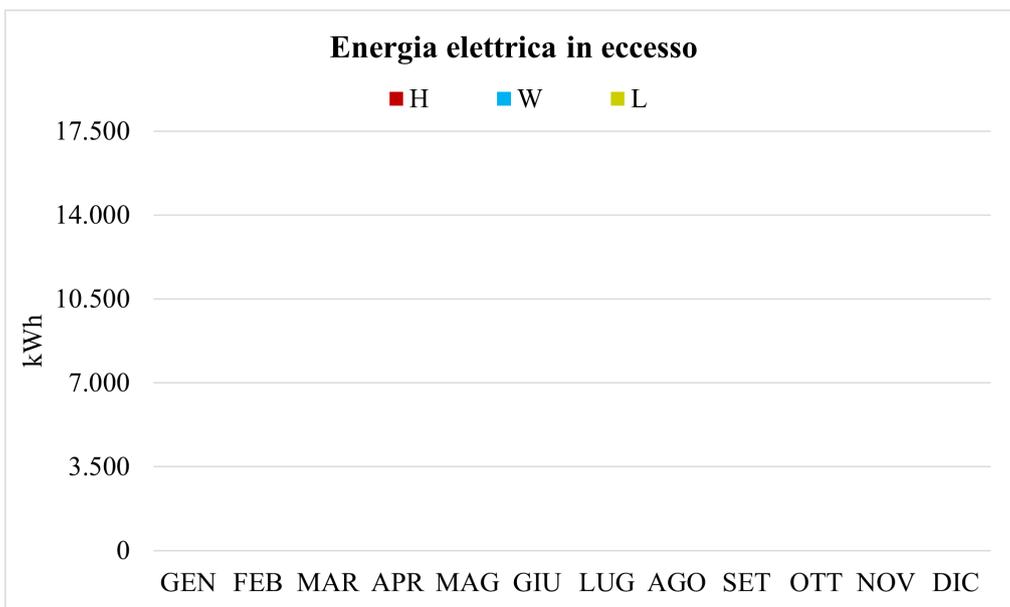


Fig.58 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica prodotta in eccesso in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

In questo scenario per l'intero centro sportivo si raggiunge la classe **A3** con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 85,09 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 45,27 kWh/m²/anno**.

Per i singoli edifici si arriva alle seguenti classi di livello energetico:

- **A4** per l'edificio sociale con **EPgl,nren = 71,45 kWh/m²/anno**;
- **A4** per l'edificio spogliatoi con **EPgl,nren = 69,08 kWh/m²/anno**;
- **A2** per l'edificio a copertura dei campi da padel con **EPgl,nren = 42,40 kWh/m²/anno**;
- **A1** per l'edificio a copertura dei campi da tennis con **EPgl,nren = 41,99 kWh/m²/anno**;

Nella tabella seguente si riporta la quota (%) di energia prima (EP) rinnovabile rispettivamente per i servizi di riscaldamento (H) acqua calda sanitaria (W) e illuminazione artificiale (L).

| SERVIZIO | QUOTA (%) EP RINNOVABILE |
|-----------------|---------------------------------|
| H | 62 % |
| W | 97 % |
| L | 40 % |

4.9.3 Scenario 4

Lo stato di realizzazione dello **Scenario 4** corrisponde alla fase 3 del progetto, in cui viene eseguito il completamento dell'edificio sociale e dell'edificio a copertura dei campi da tennis, rispetto allo scenario precedente vengono introdotti nuovi impianti di produzione da FER solare tali da soddisfare il fabbisogno energetico del centro sportivo, proprio su questi due edifici appena citati.

In un primo momento viene richiamata l'attenzione sui consumi totali (generatori + ausiliari) presenti in tutto il centro sportivo per ogni mese; essi sono suddivisi per il servizio di riscaldamento, di acqua calda sanitaria e di illuminazione artificiale.

Quest'ultimo si presenta in forma dominante rispetto agli altri due servizi poiché riguarda non solo l'illuminazione interna ai locali ma valuta anche il fabbisogno di illuminazione esterna del centro sportivo.

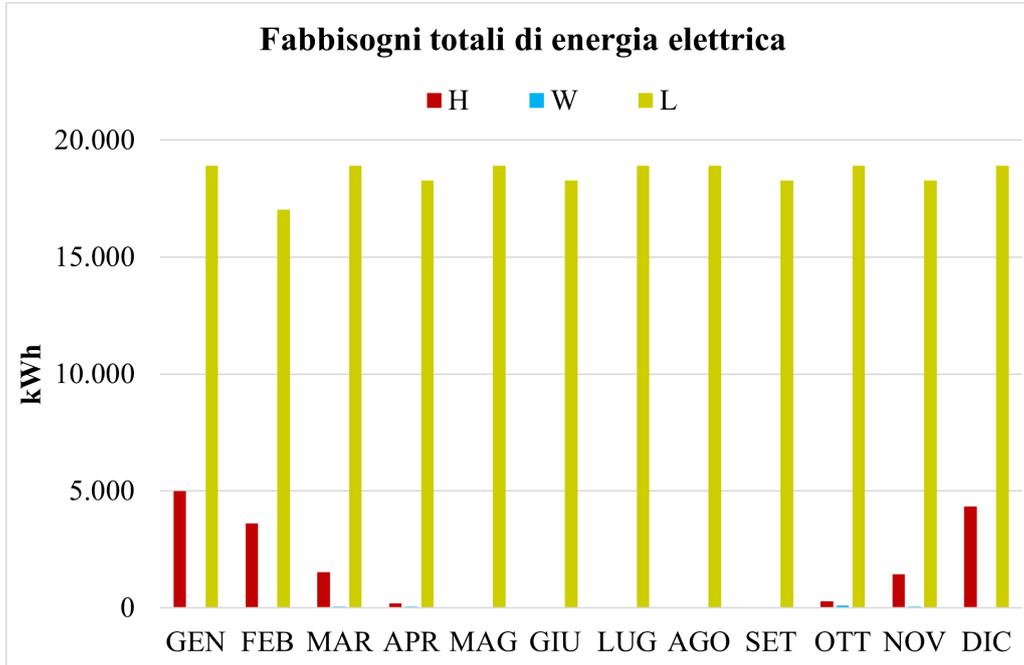


Fig.59 - Grafico sviluppato sui fabbisogni totali di energia elettrica suddivisi per tipologia di servizio offerto

È stato poi necessario indagare la producibilità totale di tutti gli impianti adibiti al solo servizio di acqua calda sanitaria e riscaldamento.

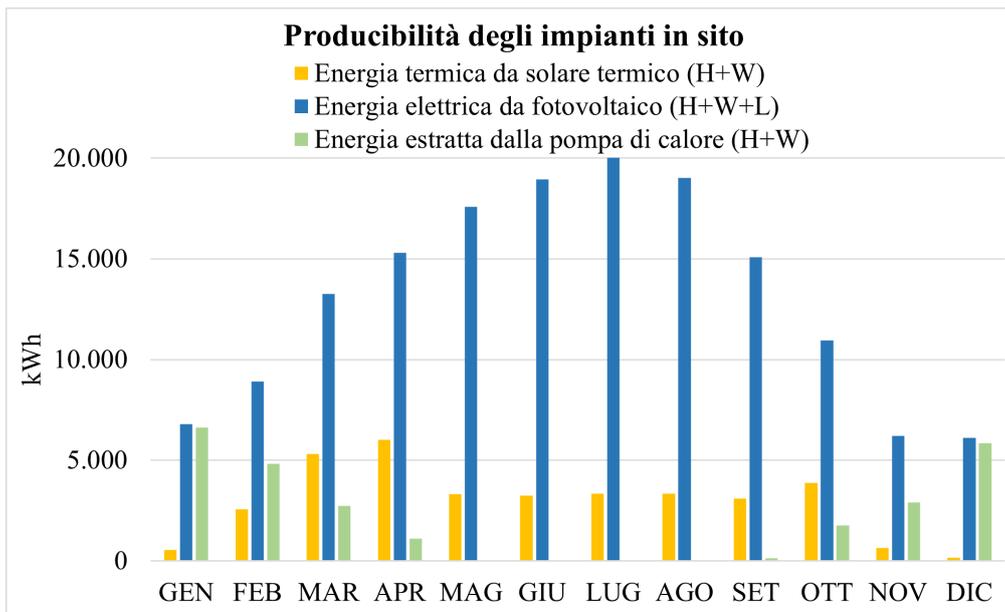


Fig. 60 - Grafico sviluppato sulla quota di producibilità totale degli impianti a fonte rinnovabile presenti nel centro sportivo

Successivamente si è richiamata l'attenzione sulla quota di energia fornita agli edifici ossia il fabbisogno in ingresso ai tre diversi generatori a cui ognuno è collegato.

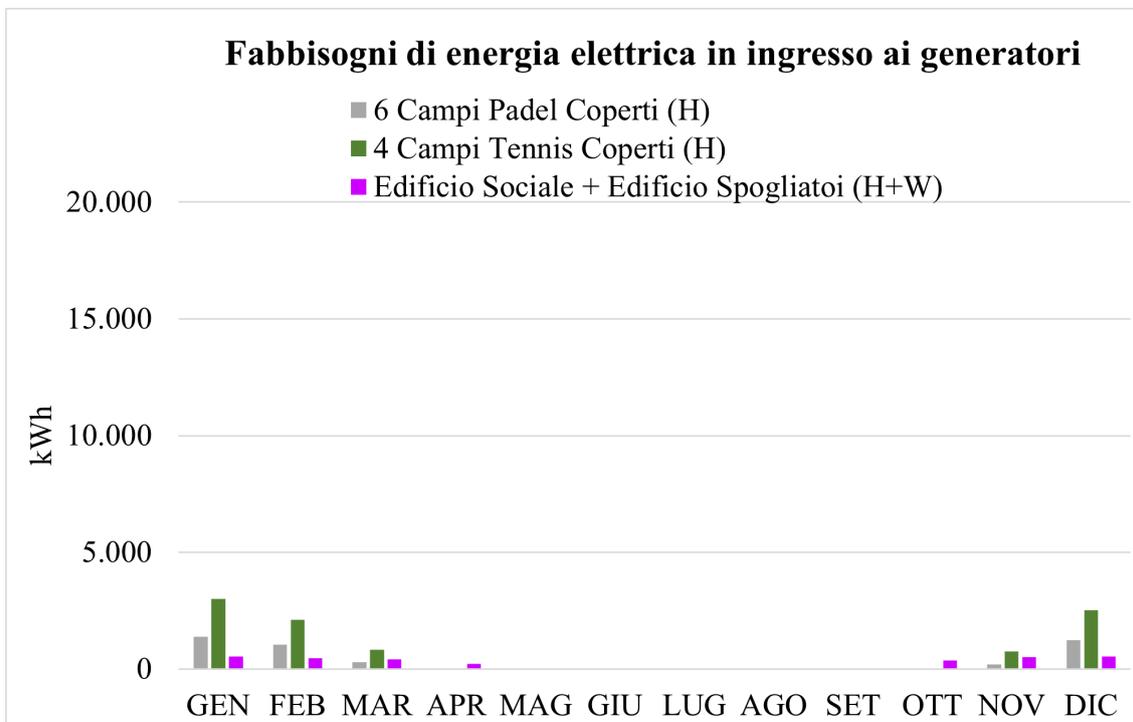


Fig. 61 - Grafico sviluppato sulla quota di energia elettrica fornita agli edifici ovvero l'energia in ingresso ai singoli generatori

In questo scenario si ha una quota di impianti di produzione da FER solare pari a:

- **Solare termico** pari a **n°70 pannelli** nella copertura dell'edificio sociale per una superficie totale occupata di 140 m²;
- **Solare fotovoltaico** pari a **n°370 pannelli** nella totalità delle coperture dei campi da padel e dell'edificio spogliatoi; mentre viene occupata parzialmente la copertura dell'edificio sociale per una superficie totale occupata di **740 m²** e una potenza totale installata di **151,7 kW** installati;

Viene rappresentato nella figura seguente l'impianto planimetrico con indicazione delle coperture che vengono utilizzate per il posizionamento degli impianti rinnovabili quantificati precedentemente.

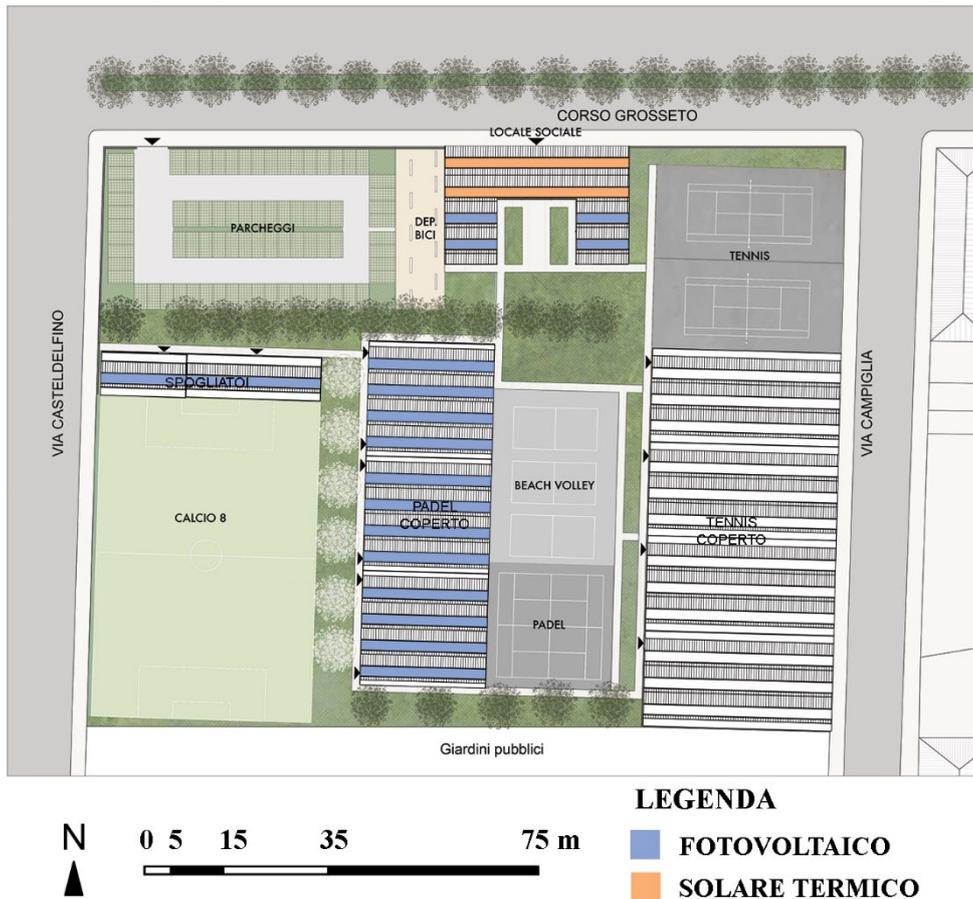


Fig.62 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica prelevata dalla rete in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

Viene poi confrontata, per ogni mese dell'anno, il consumo di energia elettrica prelevata dalla rete per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

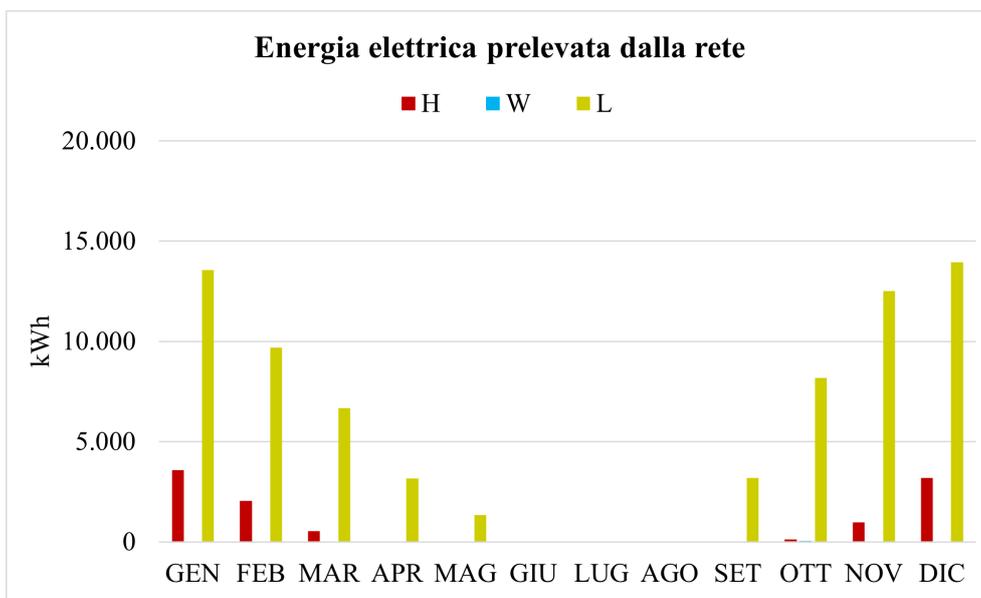


Fig. 63 - Rappresentazione planimetrica del centro sportivo con indicazione delle coperture occupate dagli impianti di produzione da FER

Viene calcolata anche la quota di energia elettrica prodotta e immediatamente utilizzata per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

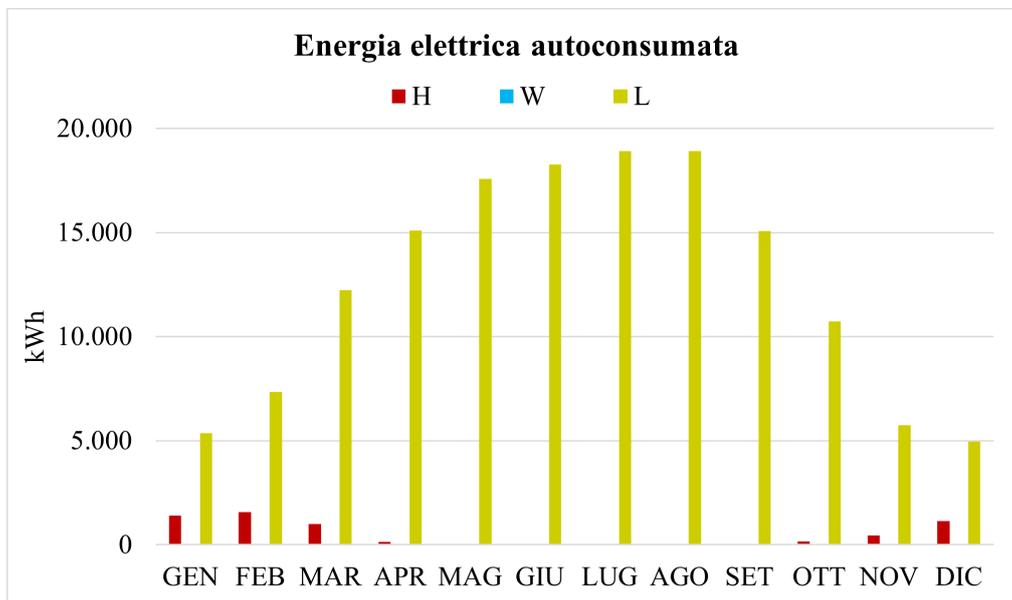


Fig.64 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica autoconsumata in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

In definitiva si calcola anche la quota di energia elettrica prodotta in eccesso per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

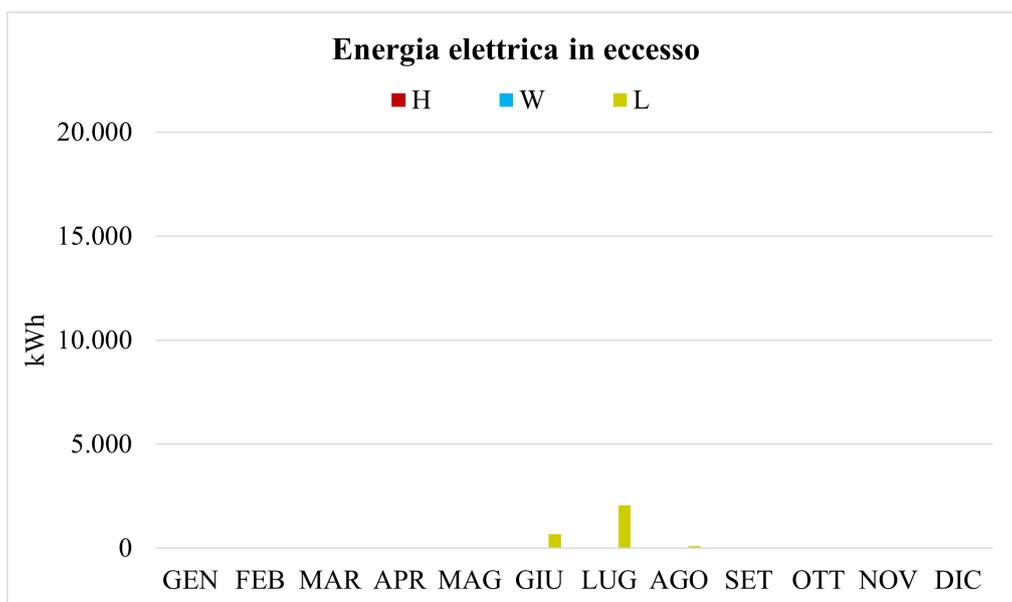


Fig.65 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica prodotta in eccesso in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

In questo scenario per l'intero centro sportivo si raggiunge la classe **A4** con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 75,11 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 34,07 kWh/m²/anno**.

Per i singoli edifici si arriva alle seguenti classi di livello energetico:

- **A4** per l'edificio sociale con **EPgl,nren = 32,31 kWh/m²/anno**;
- **A4** per l'edificio spogliatoi con **EPgl,nren = 51,56 kWh/m²/anno**;
- **A2** per l'edificio a copertura dei campi da padel con **EPgl,nren = 33,35 kWh/m²/anno**;
- **A2** per l'edificio a copertura dei campi da tennis con **EPgl,nren = 33,12 kWh/m²/anno**;

Nella tabella seguente si riporta la quota (%) di energia prima (EP) rinnovabile rispettivamente per i servizi di riscaldamento (H) acqua calda sanitaria (W) e illuminazione artificiale (L).

| SERVIZIO | QUOTA (%) EP RINNOVABILE |
|-----------------|---------------------------------|
| H | 66 % |
| W | 98 % |
| L | 49 % |



5. Sostenibilità economica, ambientale e sociale soluzioni adottate

5.1 Comunità energetiche rinnovabili e quadro normativo

Nel corso degli ultimi anni la transizione ecologica che ha investito l'Italia e l'Europa intera ha avuto come risultato la promulgazione da parte del Parlamento e del Consiglio Europeo, nell'aprile 2009, della Direttiva Comunitaria 2009/28/CE la quale mirava a promuovere l'uso dell'energia da fonti rinnovabili, la *“Renewable Energy Directive”* (anche conosciuta come RED). Essa stabiliva i livelli di utilizzo di energia rinnovabile nei paesi dell'Unione Europea dal 2009 al 2021, sottolineando che il 20% del consumo finale di energia sarebbe dovuto essere prodotto da fonti energetiche rinnovabili entro il 2020.

Grazie alla Direttiva Comunitaria n.2001 del 2018 (entrata in vigore in Italia il 15 dicembre 2021 grazie al D.Lgs “RED II” n. 199/2021) però, tale progetto si evolve, assumendo il nome di *“Renewable Energy Directive Recast”* o RED II, ponendosi l'obiettivo di raggiungere almeno il 32% di energia prodotta da fonti rinnovabili entro il 2030 [19].

La RED II è parte del *“Clean Energy for All Europeans Package”*, un pacchetto di 8 direttive pubblicate nel 2016 la cui finalità è quella di avviare l'intera UE verso una transizione energetica totalmente green in conformità all'Accordo di Parigi del 2015.

Il Provvedimento affronta tutti i temi del delicato momento storico attuale, dagli incentivi per le fonti rinnovabili elettriche, alla normazione dell'autoconsumo, nonché la promozione del riscaldamento ottenuto da FER e le dovute semplificazioni burocratiche[20].

Per quanto riguarda gli immobili di nuova costruzione o immobili oggetto di ristrutturazione importante, il medesimo Decreto stabilisce che occorre garantire contemporaneamente la copertura tramite FER del 60% (che sale al 65% per gli edifici pubblici) dei consumi previsti per ACS, climatizzazione invernale ed estiva, ad esclusione degli edifici allacciati alla rete di produzione di energia termica tramite teleriscaldamento e/o teleraffreddamento [21].

Bisogna sottolineare che gli obiettivi UE di efficientamento del sistema energetico Comunitario mirano alla completa decarbonizzazione entro il 2050, dove per

decarbonizzazione si intende la conversione ad un sistema economico che riduca in modo sostanziale e sostenibile l'anidride carbonica, fino alla sua privazione in futuro. Risulta dunque evidente che si sta progressivamente passando da un modello energetico basato sulle fonti fossili ad uno che punta sulle rinnovabili; trasformazione abilitata in larga parte dalle soluzioni smart che rendono possibile la digitalizzazione della rete e la sua “flessibilità” [22].

A favore di tale transizione ecologica, ruolo fondamentale gioca la diffusione delle CER, cioè delle comunità energetiche rinnovabili (introdotte dalla Direttiva RED II), ossia un insieme di soggetti che si organizzano per produrre e condividere localmente l'energia prodotta da fonti rinnovabili, divenendo entità “*prosumer*”, fusione di “*producer*” e “*consumer*”, cioè produttori e consumatori al tempo stesso [23].

Lo sviluppo delle comunità energetiche però, è stato ed è possibile non solo grazie alle normative emanate in merito, ma anche grazie all'innovazione, quindi grazie a tutte le nuove tecnologie a disposizione non solo per la generazione di energia rinnovabile, ma anche per il suo accumulo e per il monitoraggio dei consumi.

La rilevante importanza delle CER trova conferma nel PNRR, il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (approvato nel 2021), che a loro favore ha stanziato oltre 2 miliardi di euro, al fine di installare circa 2.000 MW di nuova capacità di generazione elettrica. Essa, ipotizzando una produzione annua da fotovoltaico di 1.250 kWh per ogni kW, andrebbe a produrre circa 2.500 GWh annui, potenza in grado di evitare l'emissione di 1,5 milioni di tonnellate di CO₂ all'anno [24].

Si delinea quindi un quadro in continua evoluzione, capace di cambiare così come cambiano le condizioni; il contesto esterno; le esigenze e i comportamenti degli utenti; poiché se muta lo scenario delle utenze, l'infrastruttura deve essere pronta ad anticipare e intercettare quello che sta avvenendo al fine di gestire le problematiche e le criticità, affinché si renda possibile un consumo responsabile e condiviso. Al fine di rendere possibile cioè la transizione energetica.

5.2 Scenario 5

Nello Scenario 5 si è deciso di sfruttare completamente lo spazio presente nelle coperture di tutti gli edifici aumentando in modo significativo la quota di FER solare per il solo fotovoltaico. Scenario svolto nell'ottica di cessione della sovrapproduzione tramite la creazione di una possibile comunità energetica di quartiere.

In un primo momento viene richiamata l'attenzione sui consumi totali (generatori + ausiliari) presenti in tutto il centro sportivo per ogni mese; essi sono suddivisi per il servizio di riscaldamento, di acqua calda sanitaria e di illuminazione artificiale.

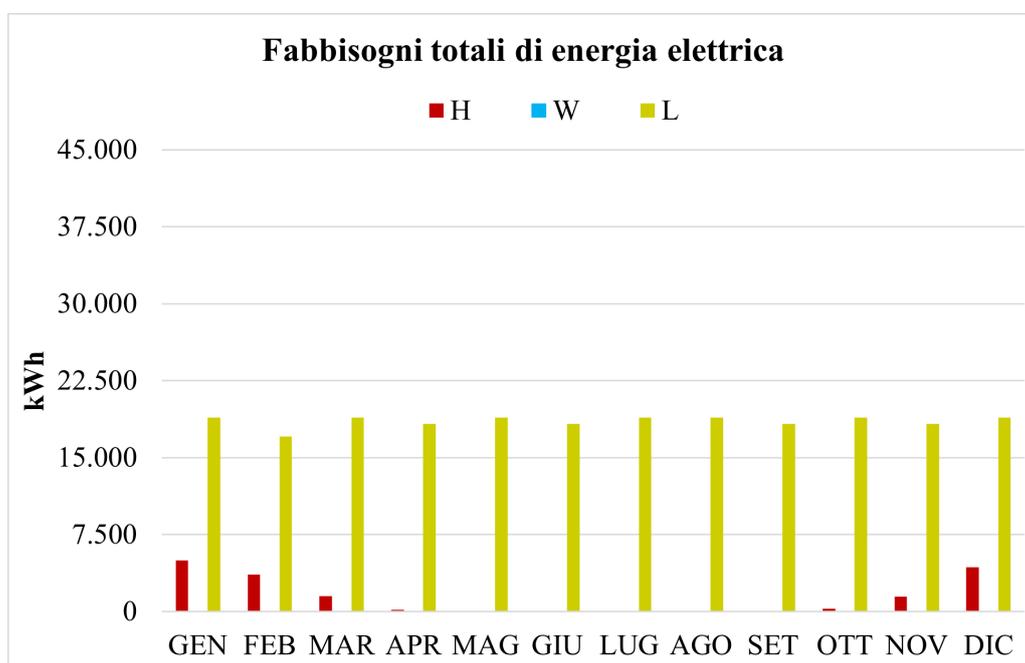


Fig.66 - Grafico sviluppato sui fabbisogni totali di energia elettrica suddivisi per tipologia di servizio offerto

Quest'ultimo si presenta in forma dominante rispetto agli altri due servizi poiché riguarda non solo l'illuminazione interna ai locali ma valuta anche il fabbisogno di illuminazione esterna del centro sportivo.

È stato poi necessario indagare la producibilità totale di tutti gli impianti adibiti al solo servizio di acqua calda sanitaria e riscaldamento.

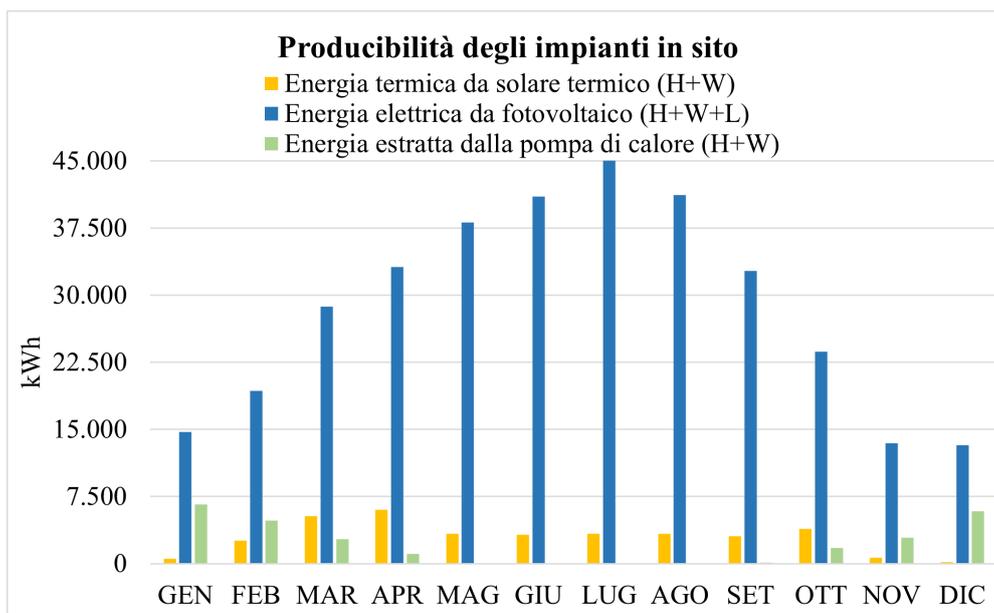


Fig. 67 - Grafico sviluppato sulla quota di producibilità totale degli impianti a fonte rinnovabile presenti nel centro sportivo

Successivamente si è richiamata l'attenzione sulla quota di energia fornita agli edifici ossia il fabbisogno in ingresso ai tre diversi generatori a cui ognuno è collegato.

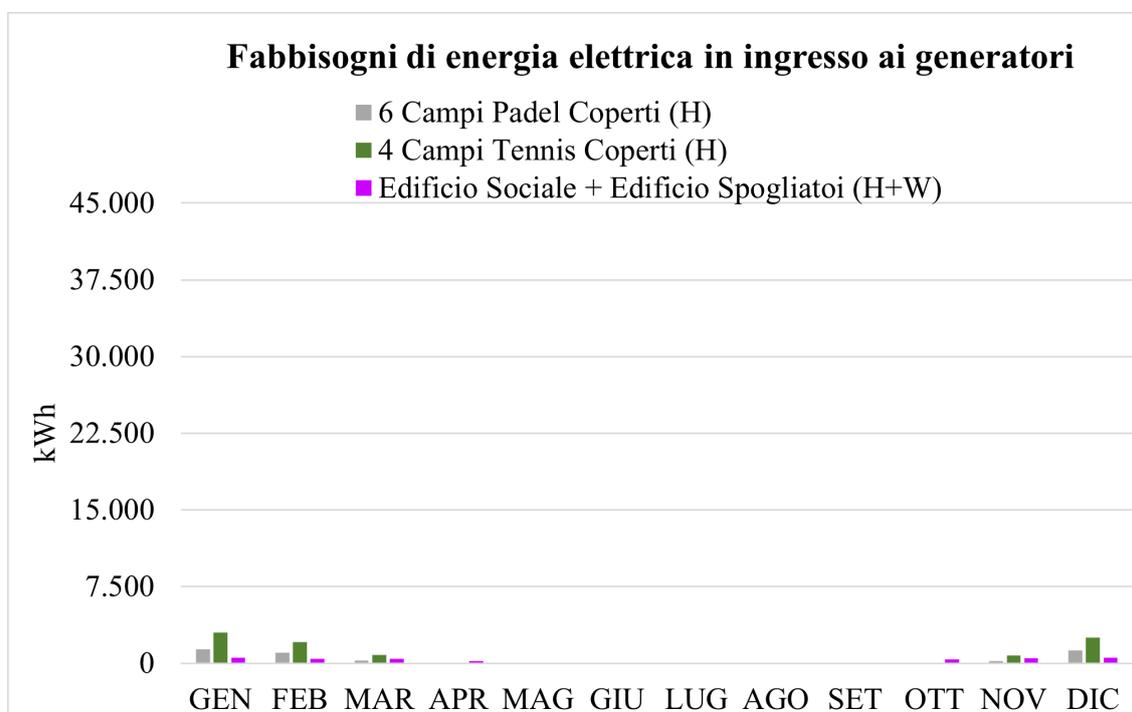


Fig. 68 - Grafico sviluppato sulla quota di energia elettrica fornita agli edifici ovvero l'energia in ingresso ai singoli generatori

In questo scenario si ha una quota di impianti di produzione da FER solare pari a:

- **Solare termico** pari a **n°70 pannelli** nella copertura dell'edificio sociale per una superficie totale occupata di 140 m²;
- **Solare fotovoltaico** pari a **n°802 pannelli** nella totalità delle coperture dei campi da padel, campi da tennis e dell'edificio spogliatoi; mentre viene occupata parzialmente la copertura dell'edificio sociale per una superficie totale occupata di **1604 m²** e una potenza totale installata di **328,82 kW** installati;

Viene rappresentato nella figura seguente l'impianto planimetrico con indicazione delle coperture che vengono utilizzate per il posizionamento degli impianti rinnovabili quantificati precedentemente.



Fig. 69 - Rappresentazione planimetrica del centro sportivo con indicazione delle coperture occupate dagli impianti di produzione da FER

Viene poi confrontata, per ogni mese dell'anno, il consumo di energia elettrica prelevata dalla rete per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

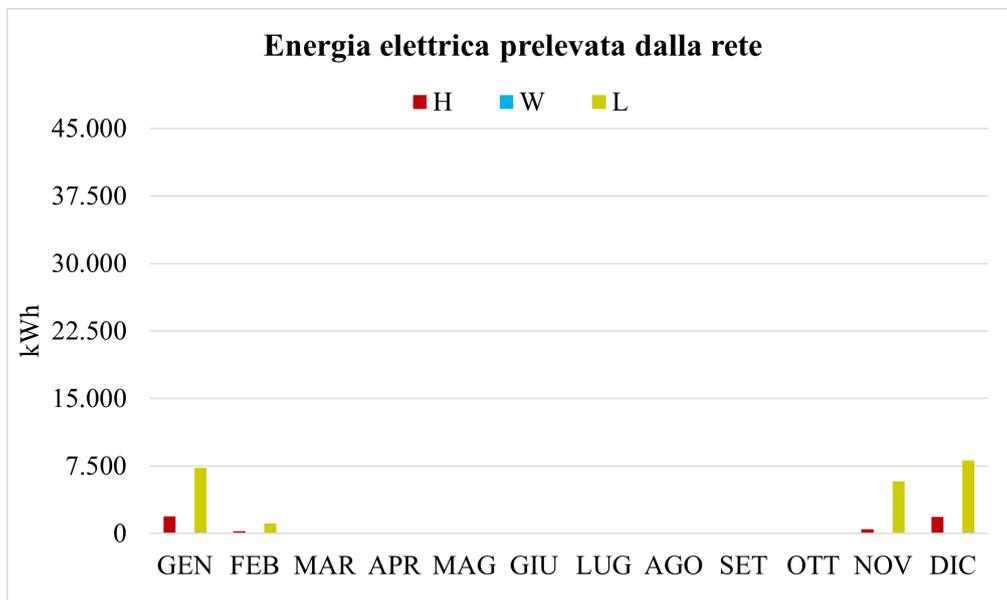


Fig.70 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica prelevata dalla rete in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

Viene calcolata anche la quota di energia elettrica prodotta e immediatamente utilizzata per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

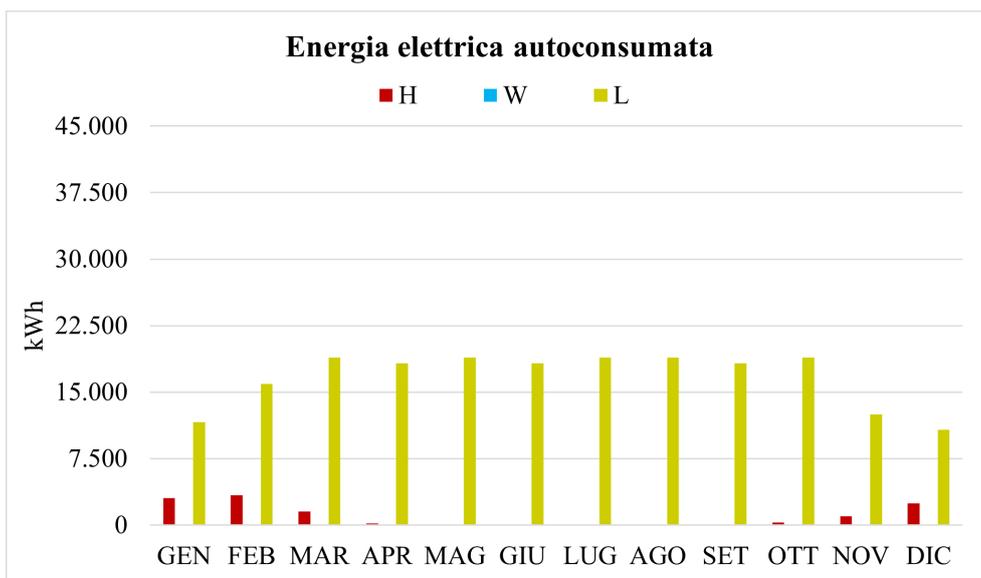


Fig.71 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica autoconsumata in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

In definitiva si calcola anche la quota di energia elettrica prodotta in eccesso per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale.

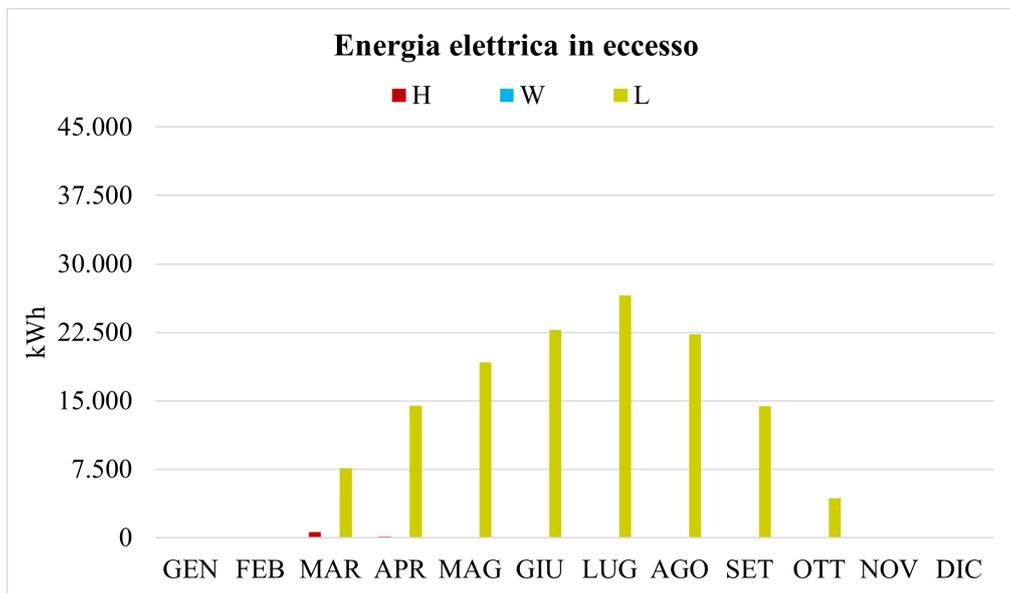


Fig.72 - Grafico realizzato per osservare la quota di energia elettrica prodotta in eccesso in relazione ai servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione

In questo scenario per l'intero centro sportivo si raggiunge la classe **A4** con un'energia primaria globale di **EPgl,tot 62,64 kWh/m²/anno** di cui un'energia primaria non rinnovabile pari a **EPgl,nren 11,05 kWh/m²/anno**.

Per i singoli edifici si arriva alle seguenti classi di livello energetico:

- **A4** per l'edificio sociale con **EPgl,nren = 11,42 kWh/m²/anno;**
- **A4** per l'edificio spogliatoi con **EPgl,nren = 18,80 kWh/m²/anno;**
- **A4** per l'edificio a copertura dei campi da padel con **EPgl,nren = 10,45 kWh/m²/anno;**
- **A3** per l'edificio a copertura dei campi da tennis con **EPgl,nren = 10,35 kWh/m²/anno;**

Nella tabella seguente si riporta la quota (%) di energia prima (EP) rinnovabile rispettivamente per i servizi di riscaldamento (H) acqua calda sanitaria (W) e illuminazione artificiale (L).

| SERVIZIO | QUOTA (%) EP RINNOVABILE |
|----------|--------------------------|
| H | 84% |
| W | 100 % |
| L | 80 % |

I dati ottenuti dall'analisi dello scenario 5 fotografano un'elevata sovrapproduzione di energia elettrica. Nell'ottica della sua cessione, il centro sportivo polivalente diventa così luogo di produzione di energia pulita, che pone le basi per la creazione di una possibile comunità energetica di quartiere che ceda energia ai quartieri residenziali degli isolati circostanti.

In tal senso l'obiettivo è stato quello di condividere tale sovrapproduzione energetica con i nuclei familiari della zona per un loro beneficio.

Ipotizzando un consumo medio annuo di 2 500 kWh a famiglia è stato stimato, in termini numerici, quante famiglie avrebbero ricevuto copertura energetica grazie a questa produzione in eccesso.

Viene riportata nella seguente tabella riassuntiva la variazione di famiglie servite durante i mesi dell'anno.

| | | | GEN | FEB | MAR | APR | MAG | GIU |
|---------------------------|--------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ENERGIA IN ECCESSO | | | 0 | 0 | 8 260 | 14 646 | 19 205 | 22 790 |
| Consumo annuo | kWh/anno/fam | 2500 | 212.33 | 191.78 | 212.33 | 205.48 | 212.33 | 205.48 |
| numero famiglie servite | | | 0 | 0 | 39 | 71 | 90 | 111 |

| | | | LUG | AGO | SET | OTT | NOV | DIC |
|---------------------------|--------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ENERGIA IN ECCESSO | | | 26 565 | 22 302 | 14 431 | 4 418 | 0 | 0 |
| Consumo annuo | kWh/anno/fam | 2500 | 212.33 | 212.33 | 205.48 | 212.33 | 205.48 | 212.33 |
| numero famiglie servite | | | 125 | 105 | 70 | 21 | 0 | 0 |

Fig. 73 - Tabella riassuntiva che riporta la variazione di famiglie servite durante un anno

Come riportato in tabella, nel mese di luglio in cui si ha il picco massimo di produzione di energia elettrica in eccesso, infatti il maggior numero di famiglie, ovvero 125, vengono servite in questo mese. Di contro, il picco più basso di famiglie servite si attesta nel mese di ottobre (21 famiglie); invece nei mesi più freddi (novembre, dicembre, gennaio, febbraio) non si ha una sovrapproduzione tale da garantire cessione di energia.

5.3 Valutazione economica e tempi di ritorno semplice dell'investimento

Allo scopo di adottare la scelta economicamente più vantaggiosa, all'azienda viene inoltre proposto un confronto economico tra tutti gli scenari effettuato sulla base dei costi di gestione legati al solo consumo di energia elettrica.

Per la valutazione della spesa annuale totale data dalla sola energia elettrica si fa riferimento all'andamento del prezzo per il consumatore tipo, i cui valori vengono definiti dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA).

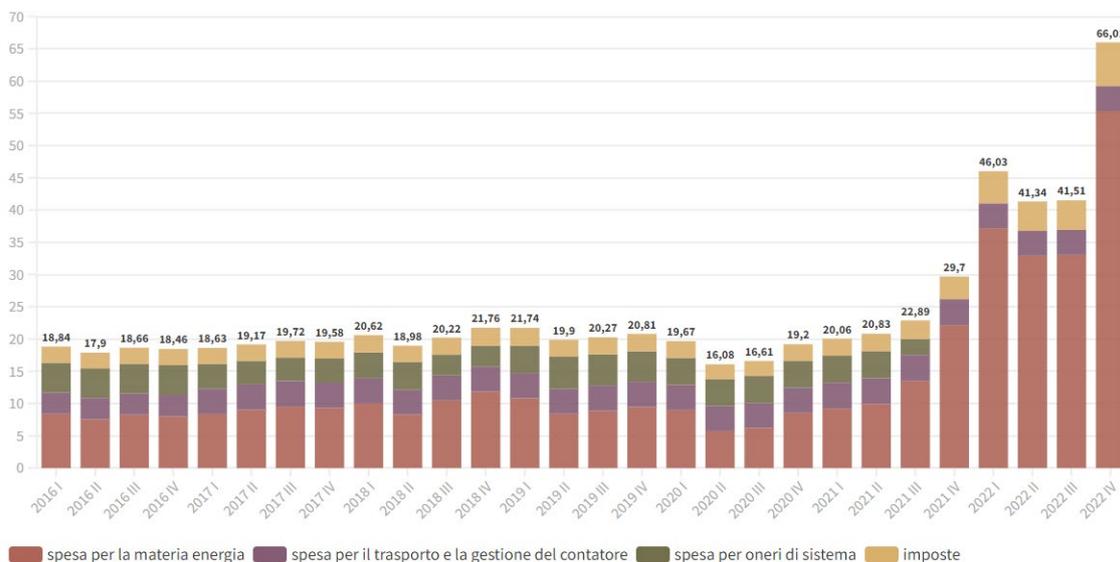


Fig. 74 - andamento del prezzo dell'energia elettrica per il consumatore tipo
 Fonte: <https://www.arera.it/it/dati/cep35.htm>

Il valore di riferimento utilizzato ai fine del calcolo corrisponde a quello del IV trimestre del 2022 che è stato fissato a 66,01 c€/kWh [17].

Per calcolare la tariffa dell'energia elettrica prodotta e immessa in rete attraverso il Ritiro Dedicato si fa invece riferimento ai valori definiti dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE) che li fissa in base alla fascia oraria e alla zona di mercato.

Trovandosi nella zona di mercato Nord, per il centro sportivo in questo specifico caso, data la variazione per fasce orarie, viene considerato un unico valore medio pari a 200 €/MWh [18].

Come già anticipato seguono i calcoli della spesa annuale totale dell'energia elettrica per ogni scenario.

SCENARIO 1 BASE

Dati:

- Costo energia elettrica prelevata dalla rete = 66,01 c€/kWh = **0,6601 €/kWh**
- Consumo annuale energia elettrica prelevata dalla rete = **242 300,33 kWh**

Spesa annuale totale energia elettrica = Consumo annuale energia elettrica prelevata

* Costo energia elettrica prelevata = 242 300,33 kWh * 0,6601 €/kWh = **159 942,448 €**

SCENARIO 2

Dati:

- Costo energia elettrica prelevata dalla rete = **0,6601 €/kWh**
- Tariffa energia elettrica immessa in rete attraverso il ritiro dedicato = **0,20 €/kWh**
- Consumo annuale energia elettrica prelevata dalla rete = **43 266,44 kWh**
- Sovraproduzione annuale energia elettrica = **10 466,38 kWh**

Costo annuale = Consumo annuale energia elettrica prelevata * Costo energia elettrica prelevata = 43 266,44 kWh * 0,6601 €/kWh = **28 560,177 €**

Ricavo economico annuale = Sovraproduzione annuale * Tariffa = 10 466,38 kWh * 0,20 €/kWh = **2 093,276 €**

Spesa annuale totale energia elettrica = Ricavo economico annuale - Costo annuale =
2 093,276 € - 28 560,177 € = - **26 466,901 €**

SCENARIO 3

Dati:

- Costo energia elettrica prelevata dalla rete = **0,6601 €/kWh**
- Tariffa energia elettrica immessa in rete attraverso il ritiro dedicato = **0,20 €/kWh**
- Consumo annuale energia elettrica prelevata dalla rete = **94 331,77 kWh**
- Sovraproduzione annuale energia elettrica = **0 kWh**

Costo annuale = Consumo annuale energia elettrica prelevata * Costo energia elettrica prelevata = 94 331,77 kWh * 0,6601 €/kWh = **62 268,401 €**

Ricavo economico annuale = Sovraproduzione annuale * Tariffa = 0 kWh * 0,20 €/kWh = **0 €**

Spesa annuale totale energia elettrica = Ricavo economico annuale - Costo annuale =
0 € - 62 268,401 € = - **62 268,401 €**

SCENARIO 4

In questo scenario, dato il completamento dell'intero centro sportivo, verrà calcolato il Tempo di Ritorno semplice dell'Investimento dovuto ai soli impianti di produzione da FER. Per la valutazione del costo degli impianti di produzione da fonte energetica rinnovabile solare sono state considerate le seguenti voci di costo:

- Fotovoltaico = **1 000 €/kWh per P>20kW**
- Collettori solari sottovuoto = **1 200 €/m²**.

Dati:

- Costo energia elettrica prelevata dalla rete = **0,6601 €/kWh**
- Tariffa energia elettrica immessa in rete attraverso il ritiro dedicato = **0,20 €/kWh**
- Consumo annuale energia elettrica prelevata dalla rete = **82 934,19 kWh**
- Sovraproduzione annuale energia elettrica = **2 846,89 kWh**

Costo annuale = Consumo annuale energia elettrica prelevata * Costo energia elettrica prelevata = 82 934,19 * 0,6601 €/kWh = **54 743,539 €**

Ricavo economico annuale = Sovraproduzione annuale * Tariffa = 2 846,89 kWh * 0,20 €/kWh = **569,378 €**

Spesa annuale totale energia elettrica = Ricavo economico annuale - Costo annuale = 569,378 - 54 743,539 € = - **54 174,161 €**

Al fine di calcolare il tempo di ritorno semplice dell'investimento si procede al calcolo della spesa per l'acquisto e installazione degli impianti da FER.

Costo collettori solari sottovuoto = 1 200 €/m² * m² occupati = 1 200 €/m² * 140 m² = **168 000 €**

Costo fotovoltaico = 1 000 €/kWh * kWh installati = 1 000 €/kWh * 151,7 kWh = **151 700 €**

Costo totale investimento = Costo collettori solari sottovuoto + Costo fotovoltaico = 168 000 € + 151 700 € = **319 700 €**

Risparmio economico annuale = Spesa annuale totale energia elettrica SC1 (BASE) - Spesa annuale totale energia elettrica SC4 = 159 942,448 € - (- 54 174,161 €) = **214 116,609 €/anno**

Tempo di ritorno semplice dell'investimento = costo totale investimento / risparmio economico annuale = 319 700 € / 214 116,609 €/anno ≈ **1,5 anni**

SCENARIO 5

In questo scenario, dato il completamento dell'intero centro sportivo, verrà calcolato il Tempo di Ritorno semplice dell'Investimento dovuto ai soli impianti di produzione da FER. Per la valutazione del costo degli impianti di produzione da fonte energetica rinnovabile solare sono state considerate le seguenti voci di costo:

- Fotovoltaico = **1 000 €/kWh per P>20kW**
- Collettori solari sottovuoto = **1 200 €/m²**.

Dati:

- Costo energia elettrica prelevata dalla rete = **0,6601 €/kWh**
- Tariffa energia elettrica immessa in rete attraverso il ritiro dedicato = **0,20 €/kWh**
- Consumo annuale energia elettrica prelevata dalla rete = **26 887,63 kWh**
- Sovraproduzione annuale energia elettrica = **132 620,79 kWh**

Costo annuale = Consumo annuale energia elettrica prelevata * Costo energia elettrica prelevata = 26 887,63 kWh * 0,6601 €/kWh = **17 748,528 €**

Ricavo economico annuale = Sovraproduzione annuale * Tariffa = 132 620,79 kWh * 0,20 €/kWh = **26 524,16 €**

Spesa annuale totale energia elettrica = Ricavo economico annuale - Costo annuale = 26 524,16 € - 17 748,528 € = **8 775,632 €**

Al fine di calcolare il tempo di ritorno semplice dell'investimento si procede al calcolo della spesa per l'acquisto e installazione degli impianti da FER.

Costo collettori solari sottovuoto = 1 200 €/m² * m² occupati = 1 200 €/m² * 140 m² = **168 000 €**

Costo fotovoltaico = 1000 €/kWh * kWh installati = 1000 €/kWh * 328,82 kWh = **328 820 €**

Costo totale investimento = Costo collettori solari sottovuoto + Costo fotovoltaico = 168 000 € + 328 820 € = **496 820 €**

Risparmio economico annuale = Spesa annuale totale energia elettrica SC1 (BASE) - Spesa annuale totale energia elettrica SC5 = 159 942,448 € - 8 775,632 €/anno = **151 166,816 €/anno**

Tempo di ritorno semplice dell'investimento = costo totale investimento / risparmio economico annuale = 496 820 € / 151 166,816 €/anno ≈ **3,3 anni**

5.4 Sostenibilità ambientale

In tutti gli scenari presi in esame viene calcolata la quantità di CO₂ prodotta di cui si riportano i valori per fare un confronto.

Nello scenario 1 (BASE) le emissioni stimate di **CO₂ equivalente** per l'intero centro sportivo risultano pari a **43,8 kg/ m²/anno**.

Nello scenario 2 le emissioni stimate di CO₂ equivalente per l'intero centro sportivo risultano pari a **12,3 kg/ m²/anno**.

Nello scenario 3 le emissioni stimate di CO₂ equivalente per l'intero centro sportivo risultano pari a **19,5 kg/ m²/anno**.

Nello scenario 4 le emissioni stimate di CO₂ equivalente per l'intero centro sportivo risultano pari a **14,6 kg/ m²/anno**.

Nello scenario 5 le emissioni stimate di CO₂ equivalente per l'intero centro sportivo risultano pari a **4,6 kg/ m²/anno**.

A conclusione dell'esamina dei valori di **CO₂ equivalente** emessa dall'intero centro sportivo per ogni scenario, si può ad ogni modo affermare che vengono sprigionate emissioni di anidride carbonica equivalente relativamente basse. Questo risultato viene ottenuto grazie all'adozione di impianti di riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria funzionanti unicamente ad energia elettrica abbandonando completamente quelli che utilizzano i combustibili fossili.

Nel fronte della sostenibilità ambientale, oltre ad abbattere le possibili emissioni, si è cercato e si cerca di rifeostare l'area, effettuando delle piantumazioni di alberi ad alto fusto, visto l'abbattimento di alcuni di questi per la realizzazione dei nuovi campi da gioco.

6. Conclusioni

Sin dalle premesse di questo elaborato finale incentrato sulla Progettazione sostenibile di un centro sportivo polivalente sito in Torino si è cercato di volgere l'attenzione sull'urgenza di dover combattere il più possibile l'inarrestabile corsa contro il tempo del cambiamento climatico.

Fare riferimento agli obiettivi promossi dall'Agenda 2030 è sembrata dunque una scelta imprescindibile. Dei 17 obiettivi promossi dall'Agenda, si è cercato di concepire il progetto del Centro con tutte le sue caratteristiche e nei più minimi dettagli, rispettando gli obiettivi n°7,11, 12.

L'obiettivo n°7 raccomanda di aumentare la quota di energia da fonti rinnovabili e accrescere la cooperazione internazionale al fine di facilitare l'accesso alla ricerca e alle tecnologie legate all'energia pulita. In conformità a quest'obiettivo sono infatti stati adottati i sistemi di produzione da fonte rinnovabile solare più performanti attualmente presenti sul mercato quali moduli fotovoltaici bifacciali e pannelli solari termici a tubi sottovuoto massimizzando così la producibilità.

L'obiettivo n°11 si prefiggeva di ridurre l'inquinamento prodotto dalle città per quanto riguarda la qualità dell'aria e la gestione dei rifiuti, ed esso è stato senza alcun dubbio osservato. Infatti, come enunciato del Capitolo 5.4, installare impianti sostenibili ha permesso di ridurre in maniera considerevole e impattante le emissioni annue di CO₂ equivalente.

Riuscire a rispettare l'obiettivo 11 ha avuto come reazione concatenata l'ottemperanza dell'obiettivo 12, il quale si proponeva di attuare un modello di consumo e di produzione sostenibile adottando un approccio rispettoso dell'ambiente, una gestione sostenibile e un utilizzo efficiente delle risorse naturali. Infatti, i componenti di involucro opaco sono stati scelti appositamente come componenti prefabbricati anche per facilitare le operazioni di smontaggio e possibile riutilizzo.

L'analisi del centro sportivo esistente è stata fondamentale per indagare quali fossero i tipici consumi energetici legati alla gestione di questa tipologia di attività, tenendo conto delle strutture sportive presenti e del loro utilizzo. E' stata immediata l'osservazione delle tecnologie di impianto installate, risultati particolarmente

energivore, condizioni attualmente non accettabili in ottica di sviluppo sostenibile. Osservazioni necessarie per effettuare le corrette scelte progettuali nella fase successiva.

Il progetto energetico del centro sportivo ha seguito una piramide ben precisa di priorità al cui vertice si è posta la massima limitazione dei consumi sotto ogni punto di vista, poi l'adozione di sistemi impiantistici ad alta efficienza e infine l'utilizzo delle fonti rinnovabili per la realizzazione di un centro sportivo autonomo o almeno per una buona parte.

1) limitazione del fabbisogno di energia termica utile QH_{nd} dell'involucro, riduzione del fabbisogno di energia primaria EP, ottenuta limitando le perdite presenti nei sottosistemi di utilizzazione e riduzione delle ore di utilizzo degli impianti a servizio.

Obiettivi raggiunti attraverso:

- Adozione di forme compatte per gli edifici, registrando un fattore di forma estremamente basso (dato dal rapporto tra Superficie disperdente e Volume lordo riscaldato) pari 0,19;
- Orientamento ottimale degli edifici;
- Elevato isolamento termico delle componenti di involucro opaco e trasparente per la limitazione delle dispersioni di energia termica;
- Azzeramento della possibile presenza di ponti termici grazie ad un isolamento continuo su filo esterno;
- Utilizzo ove possibile di terminali di emissione che lavorando a bassa temperatura che riducono notevolmente il carico termico del generatore,
- Isolamento posto inferiormente al massetto dei pannelli radianti per diffondere così il calore solo verso l'ambiente riscaldato
- Elevata inerzia termica dei terminali di emissione, capacità di rilasciare calore anche a seguito dello spegnimento dell'impianto e quindi a favore della riduzione delle ore di funzionamento dello stesso;
- Sottosistema di distribuzione di riscaldamento e acqua calda sanitaria isolato con spessori conformi riducendo notevolmente le dispersioni dei tubi di distribuzione;
- Sistemi di generazione modulanti;

- Massimizzazione dell'illuminazione naturale tramite l'adozione del sistema di copertura a shed;

2) Si è poi passati all'adozione di impianti ad alta efficienza attraverso:

- Utilizzo di Pompe di Calore a ciclo combinato, funzionanti solo con energia elettrica;
- Scambiatore geotermico per le fasi di preriscaldamento dell'acqua grazie alla presenza di sonde orizzontali si recupera energia termica dal terreno;
- Presenza di serbatoi di accumulo per lo stoccaggio dell'energia termica prodotta e incorporata nell'acqua;
- Docce a basso consumo dotato di sistema di recupero del calore;
- Sistemi di illuminazione a LED ad alta efficienza aventi sistema di controllo della luce artificiale automatico con sensore di presenza e spegnimento con variatore di luce;

3) utilizzo fonti rinnovabili con prestazioni elevate

- Impianto fotovoltaico con moduli bifacciali capaci di produrre fino al 30% in più di energia elettrica;
- Impianti a collettore piano vetrato con tubi sottovuoto;

A seguito di questi accorgimenti si è stimato il consumo di energia elettrica; tuttavia, si tratta dei valori massimi possibili, poiché si considera un utilizzo a pieno carico di tutte le strutture edilizie e sportive prese in esame.

Nonostante ciò, si ottengono in tutti gli scenari

- classi energetiche proprie degli edifici a energia quasi zero (nZEB) scaturite da indici di prestazione energetica molto bassi.
- Valori di CO₂ equivalente estremamente bassi
- Tempi di ritorno dell'investimento degli impianti da FER molto bassi

Viene infine richiamata l'attenzione su un ultimo possibile scenario, il 5, nato dalla necessità di condividere l'energia prodotta in eccesso. Il nuovo centro sportivo riveste così la funzione di centro di produzione di energia pulita e pone le basi per la

costruzione di una comunità energetica di quartiere che cede energia alle famiglie degli isolati circostanti, andando a servire un centinaio di famiglie.

Riferimenti bibliografici e sitografici

- [1] <https://www.mite.gov.it/pagina/il-contesto-internazionale/>
- [2] <https://www.un.org/sustainabledevelopment>
- [3] <https://sdgs.un.org/goals/goal7>
- [4] <https://sdgs.un.org/goals/goal11>
- [5] <https://www.obiettivo2030.it/earth-overshoot-day>
- [6] <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>
- [7] https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings_en
- [8] <http://www.meteo.dfg.unito.it/anno-2019>
- [9] <http://geoportale.comune.torino.it/web/governo-del-territorio/piano-regolatore-generale>
- [10] <http://www.comune.torino.it/ediliziaprivata>
- [11] <https://www.coni.it/it/impianti/norme-e-regolamenti.html>
- [12] https://uni.com/p/UNI1605572/uni-en-121932019-283541/UNI1605572_EEN
- [13] Cascio S., APE e certificazione energetica degli edifici, II edizione, Grafill, Maggio 2016
- [14] <https://www.certifico.com/impianti/zone-climatiche-tabella-a-aggiornata-d-p-r-412-1993>
- [15] https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/DM_requisiti_minimi_allegato1
- [16] <http://www.ilpaesedellemeridiane.com/simulatori/04noz/08altezzasole.htm>
- [17] <https://www.arera.it/it/dati/eep35.htm>
- [18] <https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/ritiro-dedicato/documenti>
- [19] https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en

[20] https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en

[21] <https://www.logical.it/blog/efficienza-energetica-edifici/decreto-rinnovabili-red-ii-in-vigore>

[22] <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/clean-energy/>

[23] <https://cordis.europa.eu/article/id/422397-empowering-ordinary-citizens-to-play-a-key-role-in-europe-s-transition-to-clean-energy/it>

[24] <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR>